
Regione Autonoma della Sardegna
Città metropolitana di Cagliari



Comune di Quartu Sant'Elena



Porto Turistico Marina di Capitanà

OPERE DI AMPLIAMENTO E ADEGUAMENTO DEL PORTO TURISTICO DI CAPITANA

PROGETTO DEFINITIVO

Maggio 2022

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:
Saromar Gestioni S.r.l.

GEOLOGO:
Criteria srl
Dott. Geol. Maurizio Costa

LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELL'ANTEMURALE INTERESSATA DA DANNI DA MAREGGIATE

— — — — —
C R I T E R I A

Criteria Srl

Città:Ricerche:TERritorio:Innovazione:Ambiente
via Cugia, 14 - 09129 Cagliari (Italy)

tel. +39 070.303583 - fax +39 070.301180

PEC: criteria@pec.criteria.eu

www.criteria.eu

Dott. Geol. Maurizio Costa
(*direttore tecnico*)

Dott. Geol. Antonio Pitzalis

Dott. Geol. Chiara Porru

RELAZIONE GEOLOGICA

| <i>Redatto</i> | <i>Verificato</i> | <i>Approvato</i> | <i>Data</i> | <i>Versione</i> |
|--------------------------|--------------------------|------------------|-------------|-----------------|
| A. Pitzalis, C. Porru | M. Costa, A. Pitzalis | M. Costa | 05/09/2019 | I versione |
| | | M. Costa | 16/09/2019 | finale |

Indice

| | |
|--|----|
| 1. Premessa | 2 |
| 2. Normativa di riferimento | 3 |
| 3. Vincolistica | 4 |
| 3.1. Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) | 4 |
| 3.2. Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)-Pericolosità da inondazione costiera..... | 5 |
| 4. Inquadramento territoriale | 7 |
| 5. Inquadramento geologico | 10 |
| 5.1. Analisi geologica di dettaglio | 13 |
| 6. Inquadramento geomorfologico e idrografico | 16 |
| 6.1. Evoluzione geomorfologica del margine costiero emerso e sommerso..... | 20 |
| 7. Caratterizzazione geologico-tecnica..... | 22 |
| 7.1. Caratterizzazione geotecnica delle sabbie | 27 |
| 6.1.1 Risultati prova S.P.T e correlazioni. | 27 |
| 6.1.2 Classificazione granulometrica depositi sabbiosi | 31 |
| 7.2. Caratterizzazione geotecnica dei depositi alluvionali..... | 33 |
| 8. Conclusioni..... | 37 |

Indice degli allegati

Allegato 1. Stratigrafie

Allegato 2. Prove granulometriche

1. Premessa

A seguito della mareggiata del 21 aprile 2019 la barriera frangionde del porticciolo turistico di Capitana (CA) è stata gravemente danneggiata. La presente relazione ha lo scopo di descrivere le caratteristiche geologiche dei terreni su cui verranno eseguiti i lavori di ricostruzione dell'antemurale interessata da danni da mareggiate, la quale verrà rialzata rispetto alla precedente, con un aumento di carico di circa il 25 %. L'analisi dell'assetto geologico e geomorfologico ha inoltre indirizzato le modalità di esecuzione dei sondaggi geognostici effettuati.



Figura 1. Porto di Capitana, Google Earth.

Verranno pertanto definite le caratteristiche fisiche dei terreni studiati, necessari per il corretto dimensionamento delle opere in progetto.

La sintesi delle conoscenze acquisite ha permesso di attribuire con ragionevole affidabilità i caratteri fisico meccanici al modello analizzato.

2. Normativa di riferimento

La normativa d'interesse per il presente documento è sintetizzata di seguito:

- Decreto Legge 18 maggio 1989 n° 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Legge del 3 agosto 1998 n° 267, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico e a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- Regione Autonome della Sardegna, Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI), "interventi sulla sete idrografica e sui versanti, norme di attuazione";
- Decreto del Presidente della Regione Sardegna del 21 marzo 2008 n° 35, "Aggiornamento e attuazione delle norme del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)";
- Decreto ministeriale (Ministero dei lavori pubblici) 11 marzo 1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, n. 218/24/3, "Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministero dei lavori pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 17 gennaio 2018, (GU 20/2/2018 n°42 suppl. ord. N°8) "approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 21 gennaio 2019, n°7, (GU 11/2/2019 n°35 – suppl. ord. N°5) contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008.

3. Vincolistica

Il quadro vincolistico ricadente nell'area di studio riguarda:

-D.Lgs n.42/2004, art. 142

- fascia costiera 300 m
- fiumi torrenti e corsi d'acqua
- fascia 150 m dai fiumi

-D.Lgs n.42/2004, art. 143

- Fascia costiera
- Fiumi e torrenti

- Piano assetto idrogeologico

- PSFF - Piano Stralcio delle Fasce fluviali (A2 – Tr < 2 anni)
- PAI (art. 8) Hi4

3.1. Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo finalizzato alla pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso per la conservazione, la difesa e la valorizzazione del suolo e la prevenzione del rischio idrogeologico, individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale. Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano. Queste ultime si applicano anche alle aree a pericolosità idrogeologica le cui perimetrazioni derivano da studi di compatibilità geologica-geotecnica e idraulica, predisposti ai sensi dell'art.8 comma 2 delle suddette Norme di Attuazione, e rappresentate su strati informativi specifici.

Al fine di individuare le aree soggette a pericolosità sono state utilizzate le mappe predisposte dal PGRA aggiornate al 31.12.2016. Le mappe della pericolosità idraulica contengono l'Inviluppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti, di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, della predisposizione del PSFF, nonché delle aree alluvionate nell'evento del 18.11.2013 denominato "Cleopatra", aggiornate alla data del 31.12.2016.

Dall'osservazione diretta della perimetrazione regionale delle aree a pericolosità idraulica (Hi), sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I. per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna, risulta che tutta l'area ricade all'interno

della perimetrazione di pericolo idraulico Hi1, a eccezione di una piccola parte che ricade all'interno della perimetrazione di pericolo idraulico Hi4, Figura 2. Non risulta invece studiata la pericolosità geomorfologica

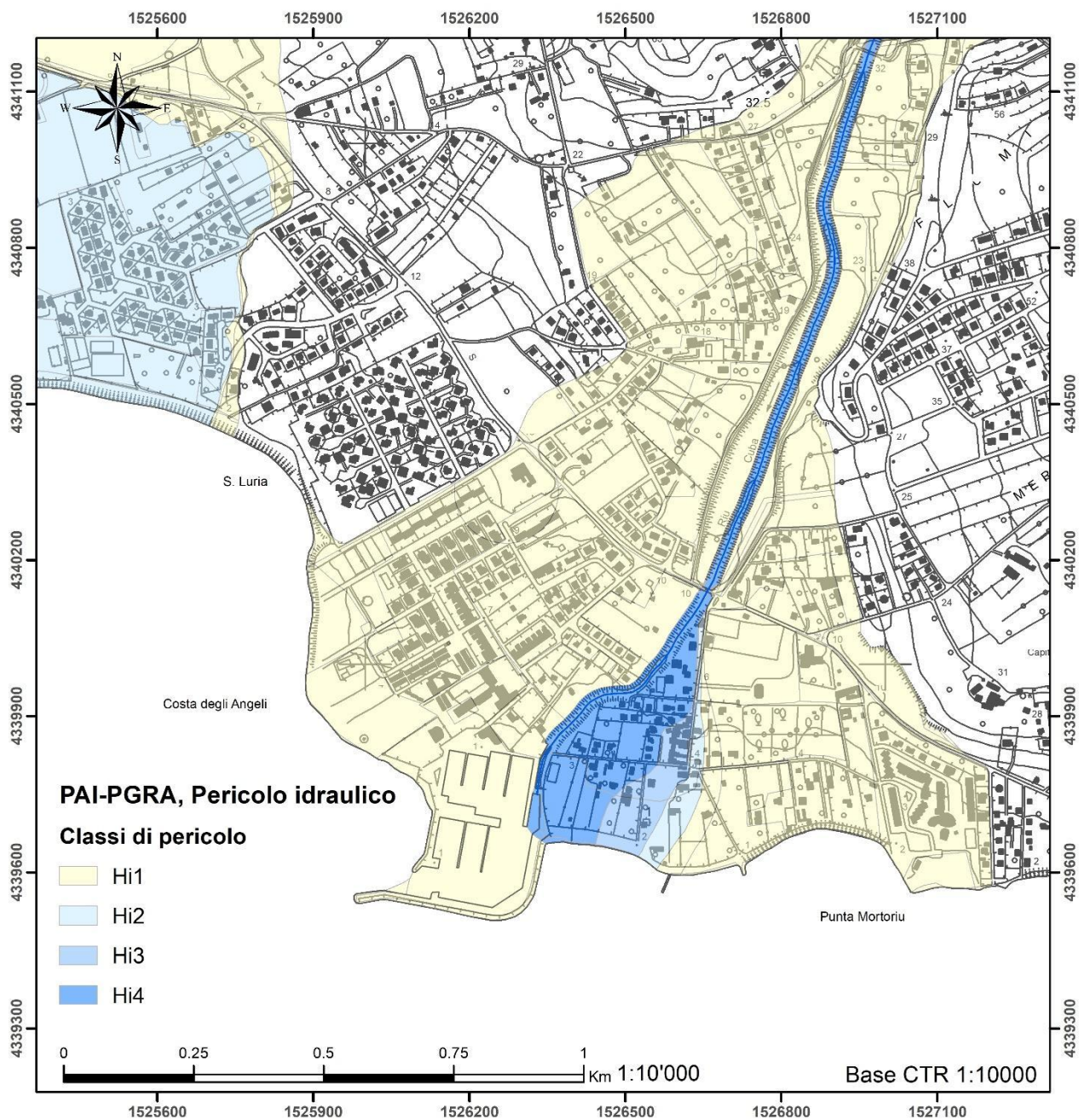


Figura 2. Carta della pericolosità idraulica

3.2. Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)-Pericolosità da inondazione costiera

I Piani di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) sono predisposti in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49 "Attuazione della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni". Il PGRA individua strumenti operativi e di governance finalizzati a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni, pertanto coinvolge tutti gli aspetti

della gestione del rischio di alluvioni, con particolare riferimento alle misure non strutturali finalizzate alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi degli eventi alluvionali. Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna è stato approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016 e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/10/2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale serie generale n. 30 del 06/02/2017. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni contiene la mappatura della pericolosità di inondazione da eventi meteomarinari.

Dall'osservazione diretta della perimetrazione regionale delle aree a pericolosità di inondazione da eventi meteomarinari, sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I. per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna e dalle mappe predisposte dal PGRA, risulta che l'area in oggetto ricade all'interno della perimetrazione di pericolo da inondazione costiera con tempo di ritorno fino a 2 anni. Per l'individuazione dei tratti soggetti a tale pericolosità sono stati utilizzati gli shapefile predisposti dal PGRA, approvati con la Del. C.I. n. 3 del 17/05/2017, costituenti la versione aggiornata delle perimetrazioni di pericolosità da inondazione costiera.

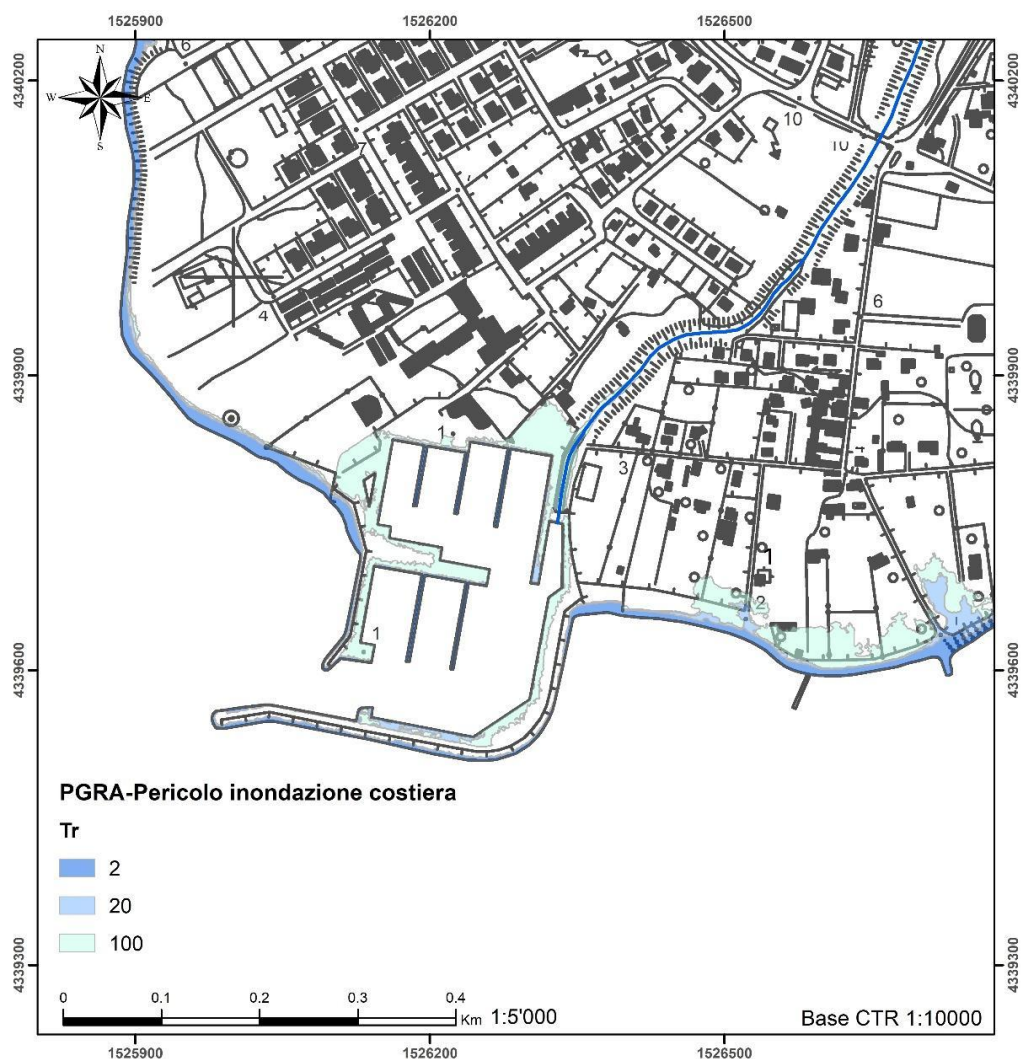


Figura 3. Pericolo da inondazione costiera, PGRA 2017.

Secondo quanto riportato dall'articolo 41 comma 9 del P.A.I.: "Le aree caratterizzate da sola pericolosità da inondazione costiera (Hi_c) sono regolate dalle norme d'uso che i Comuni e gli altri enti competenti, in coerenza con i principi e le finalità del PAI, definiscono nei propri strumenti di pianificazione territoriale, con particolare riferimento ai piani urbanistici comunali e ai piani di utilizzo dei litorali definiti dalla L.R. 45/1989 e smi., a seguito della redazione di uno studio di dettaglio locale sulla base di Linee Guida regionali".

4. Inquadramento territoriale

Il porticciolo turistico di Capitana si trova nel margine sud-orientale della piana del Campidano che gradualmente viene sostituita dai rilievi del Sarrabus. In particolare è ubicato nel territorio comunale di Quartu Sant'Elena, lungo la costa del Golfo di Cagliari, a circa 20 km dal capoluogo. La piattaforma continentale del Golfo di Cagliari è stata recentemente oggetto di studi alla scala dell'intero bacino (Cossellu, 2007; Lecca et alii, 2005), e di dettaglio in aree campione (De Muro e Kalb, 2003), di valutazioni geologico-applicative e di studi cartografici di interesse nazionale con il progetto di Cartografia Geologica dell'APAT (Servizio Geologico d'Italia, 2005).

L'area in studio ricade nel foglio CTR 1:10'000, 566-160 e nel foglio IGM 1:25'000 234 I SO.

Il porticciolo è stato costruito tra gli anni '80 e '90. Si tratta di una darsena realizzata a secco che ingloba la foce del Riu Cuba.

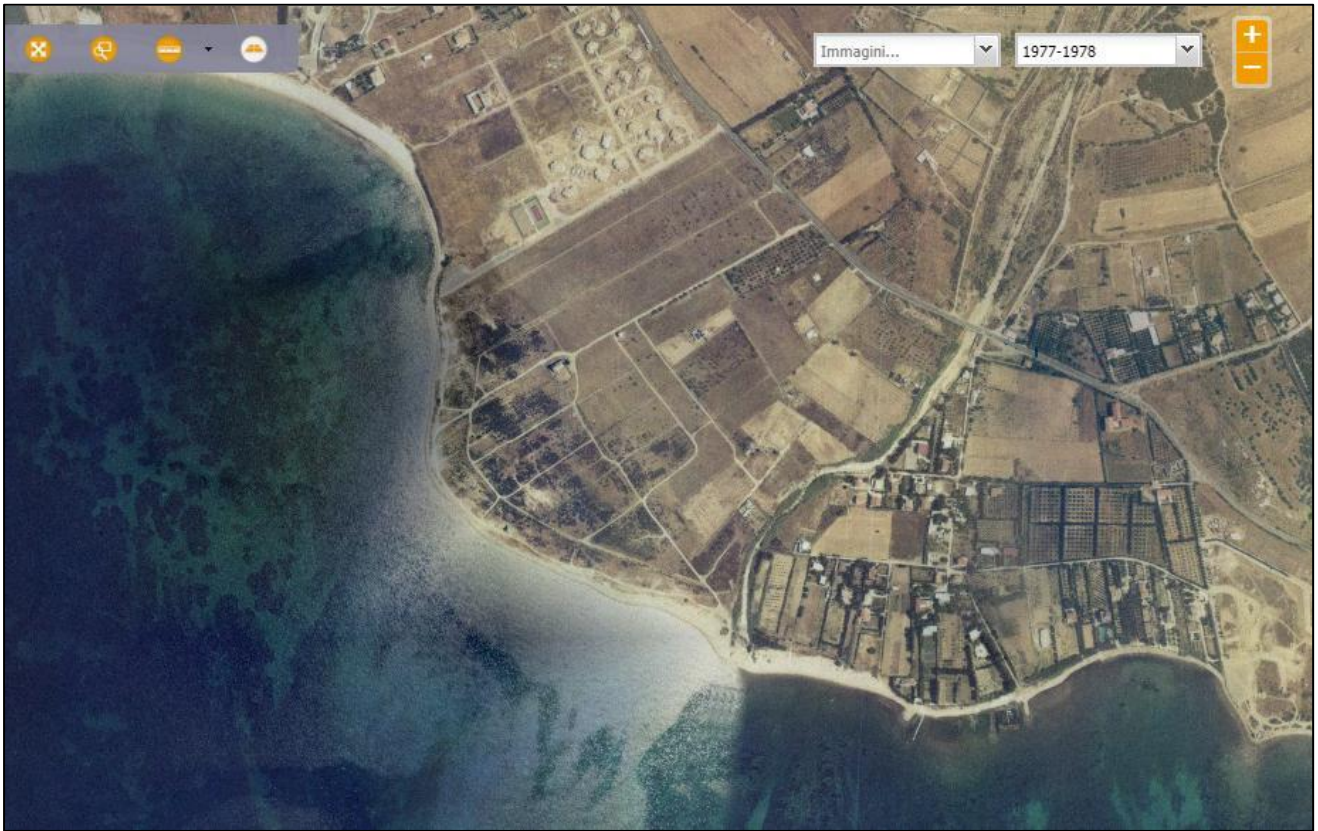


Figura 4. Confronto tra foto storiche 1977-1978 (in alto), 2013 (in basso).



Figura 5. Carta Tecnica Regionale, 1:10'000, Foglio 557160.

5. Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio è situata lungo il bordo orientale del Campidano, in cui affiorano i graniti del Complesso intrusivo tardo-paleozoico, la successione sedimentaria oligo-miocenica e i depositi del Quaternario. Il Campidano è notoriamente identificato come una zona particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica della Sardegna. Infatti, durante il Miocene inferiore-medio, si sviluppa tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara un sistema di Fosse con sedimentazione prevalentemente marina, con intercalati notevoli spessori di vulcaniti calcoalcaline, (successione vulcano-sedimentaria oligo-miocenica). Il settore geografico di cui fa parte l'area in studio si caratterizza per la presenza in affioramento o sotto copertura detritica più o meno rilevante, di una successione sedimentaria di ambiente marino riconducibile al ciclo sedimentario del Miocene medio (tra circa 17 m.a. e 12 m.a.).

Il Quaternario è rappresentato quasi esclusivamente da sedimenti di facies continentali, con l'eccezione di limitati e discontinui depositi marino-litorali in facies di "Panchina Tirreniana" Auct., dove i processi erosivi e sedimentari sono prevalentemente regolati dalle oscillazioni eustatiche per l'alternarsi delle diverse fasi climatiche che contraddistinguono il Pleistocene medio-superiore-Olocene.

A completare l'assetto litostratigrafico dell'area in oggetto, sono presenti diverse unità deposizionali oloceniche e pleistoceniche, corrispondenti a colmate detritiche succedutesi durante le fasi di trasgressione marina. I depositi quaternari corrispondono a vari ambienti deposizionali. Sono presenti principalmente: depositi alluvionali, alluvionali terrazzati, colluvio-alluvionali.

In particolare all'intorno dell'area in studio affiorano:

COMPLESSO INTRUSIVO E FILONIANO TARDO-PALEOZOICO

Complesso Granitoide del Sarrabus

- Unità intrusiva di Geremeas (GEA)
- Unità intrusiva di San Gregorio (GGO)

SUCCESSIONI VULCANO-SEDIMENTARIE TERZIARIE

Successione sedimentaria oligo-miocenica

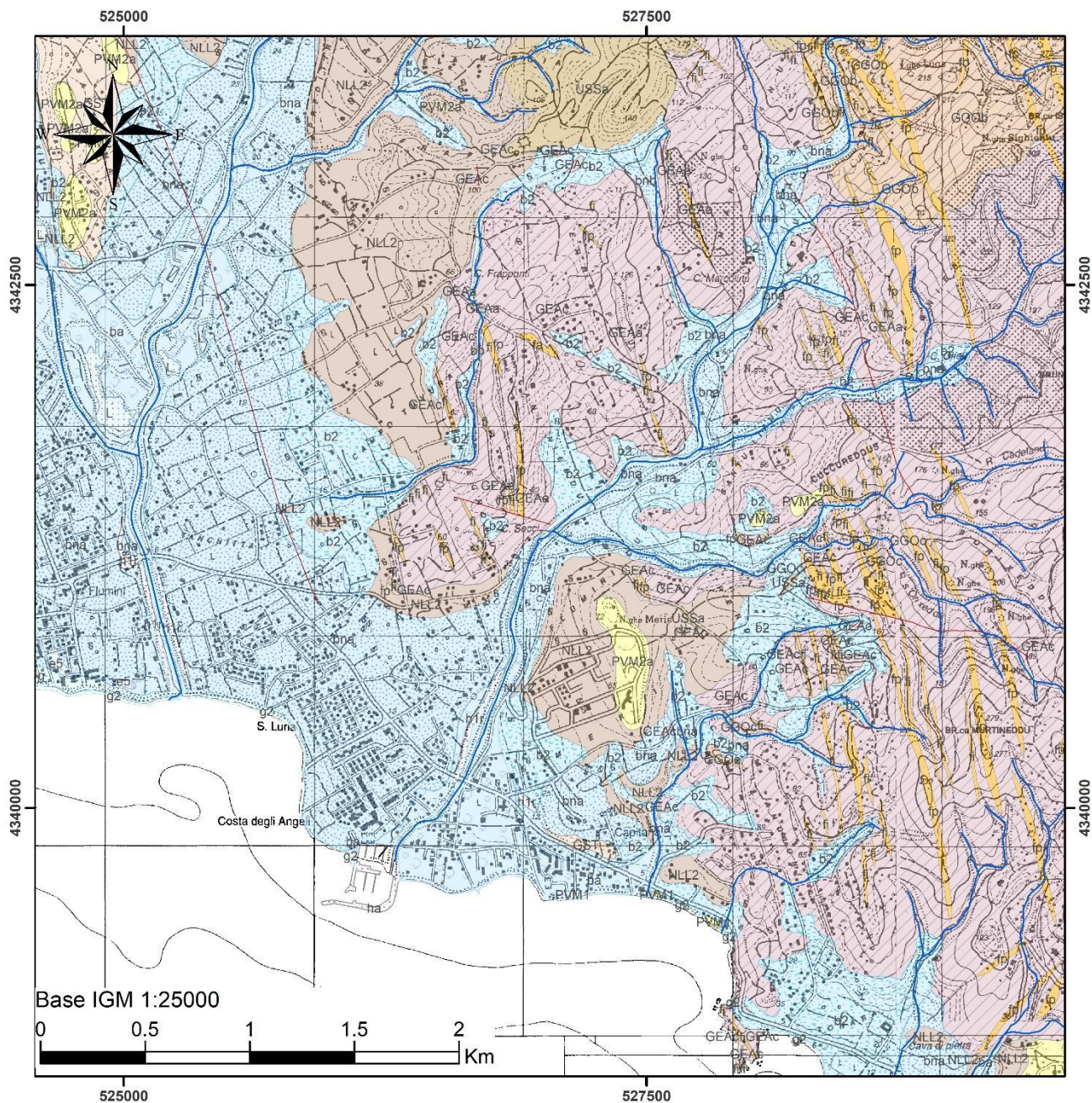
- Formazione di Ussana (USS)
- Formazione di Nurallao (NLL2)
- Marne di Gesturi (GST)

DEPOSITI PLEISTOCENICI

- Sintema di Portovesme (PVM)

DEPOSITI OLOCENICI

- Depositi d spiaggia (g)
- Depositi alluvionali terrazzati (bn)
- Coltri eluvio colluviali (b2)
- Depositi alluvionali (b)



GEOLOGIA

DEPOSITI QUATERNARI

- h-Depositi antropici
- b-Depositi alluvionali
- e-Depositi palustri
- g2-Depositi di spiaggia attuale
- b2-Coltri eluvio-colluviali
- bn-Depositi alluvionali terrazzati
- g-Depositi di spiaggia
- PVM-Subsintema di Portovesme

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA

- GST-Marne di Gesturi
- NLL-Formazione di Nurallao
- USS-Formazione di Ussana

COMPLESSO INTRUSIVO TARDO PALEOZOICO

- f-Corteo filoniano
- GGO-Unità intrusiva di San Gregorio
- GEA-Unità intrusiva di Geremeas

ALTRI ELEMENTI

- Lago
- Faglia
- Elemento idrico

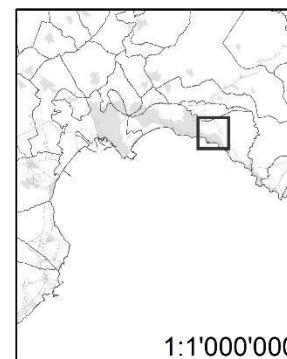


Figura 6. Carta geologica 1:25'000.

5.1. Analisi geologica di dettaglio

Le formazioni affioranti nell'area in studio sono descritte qui di seguito:

- Depositi alluvionali terrazzati (bna), facenti parte dei Depositi Quaternari Continentali Olocenici, caratterizzati da una prevalenza di ghiaie grossolane, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie, a stratificazione incrociata. Si tratta di depositi a tessitura grossolana contenenti limitate lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, simili a quelli che si osservano sul letto attuale. Questi depositi sono posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati, o su depositi alluvionali terrazzati, ed in genere non sono interessati dalle dinamiche in atto.
- Depositi alluvionali (ba), Si tratta di depositi costituiti da ghiaie e talora ciottoli, con subordinati sabbie e limi, in matrice variabile da sabbiosa a sabbioso-limosa, in lenti di estensione pluridecamentrica e spessore variabile da submetrico a plurimetrico, da sciolte a poco addensate. Il grado di addensamento è funzione dell'età del deposito, riconducibile ad un intervallo di tempo compreso tra qualche centinaio di migliaia d'anni e circa 10.000 anni (Pleistocene superiore), così come l'ossidazione della matrice, più marcata nei termini più antichi. I depositi ghiaiosi all'interno dell'alveo possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi. Questi sedimenti rappresentano il risultato della sedimentazione olocenica di piana costiera, quando la rete di drenaggio fluvio-torrentizia sfociante nel settore costiero veniva alimentata dai prodotti dell'erosione dei rilievi montano collinari del Sarrabus-Gerrei, ovvero dallo smantellamento dei depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene. La potenza del materasso alluvionale cresce verso la costa, anche se lo spessore massimo si attesta, in genere, attorno ai 10 m.
- Coltri Eluvio Colluviali (b2): depositi in cui sono presenti percentuali variabili di materiali fini (sabbia, limo), più o meno pedogenizzati ed arricchiti in frazione organica, mescolati con sedimenti più grossolani. La presenza di frazione organica suggerisce una loro derivazione dall'erosione del suolo durante l'Olocene e successivo mescolamento a sedimenti provenienti per degradazione fisica direttamente dal substrato.

Il settore sommerso, in relazione all'evoluzione paleogeomorfologica del margine costiero di riferimento di cui si tratterà più avanti, si ipotizza sia caratterizzato da depositi deltizi (gs), sovrastanti i depositi alluvionali olocenici e pleistocenici (ba e bna). Nel complesso queste formazioni sedimentarie sono costituite da ghiaie poligeniche ed eterometriche poco cementate, con clasti di dimensioni notevoli, spesso superiori anche ai 30 cm. La matrice è limosa-sabbiosa e debolmente cementata. La potenza complessiva dei depositi alluvionali presenti nel settore sommerso, è stimabile intorno ai 15-20 m di

spessore. I caratteri sedimentari di tale deposito sono riconoscibili e rilevabili nelle cornici di erosione marina che delimitano internamente le piccole falcate sabbiose presenti a est ed ovest dell'area portuale.

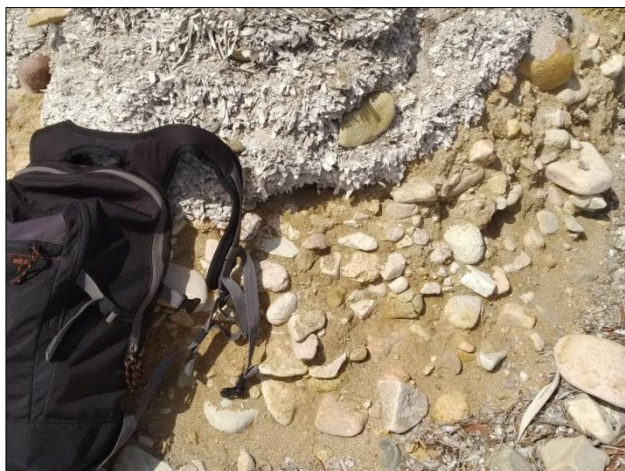
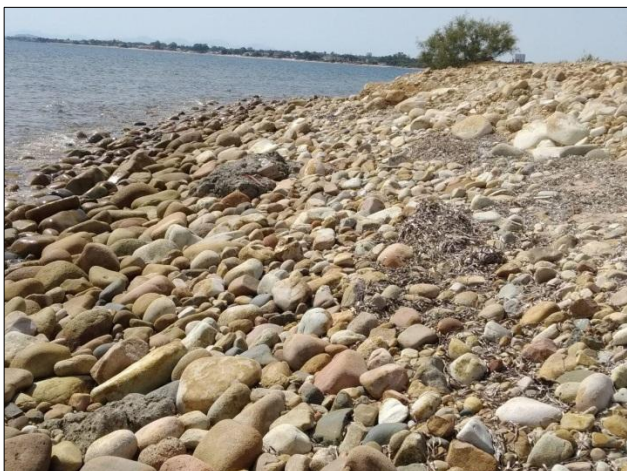
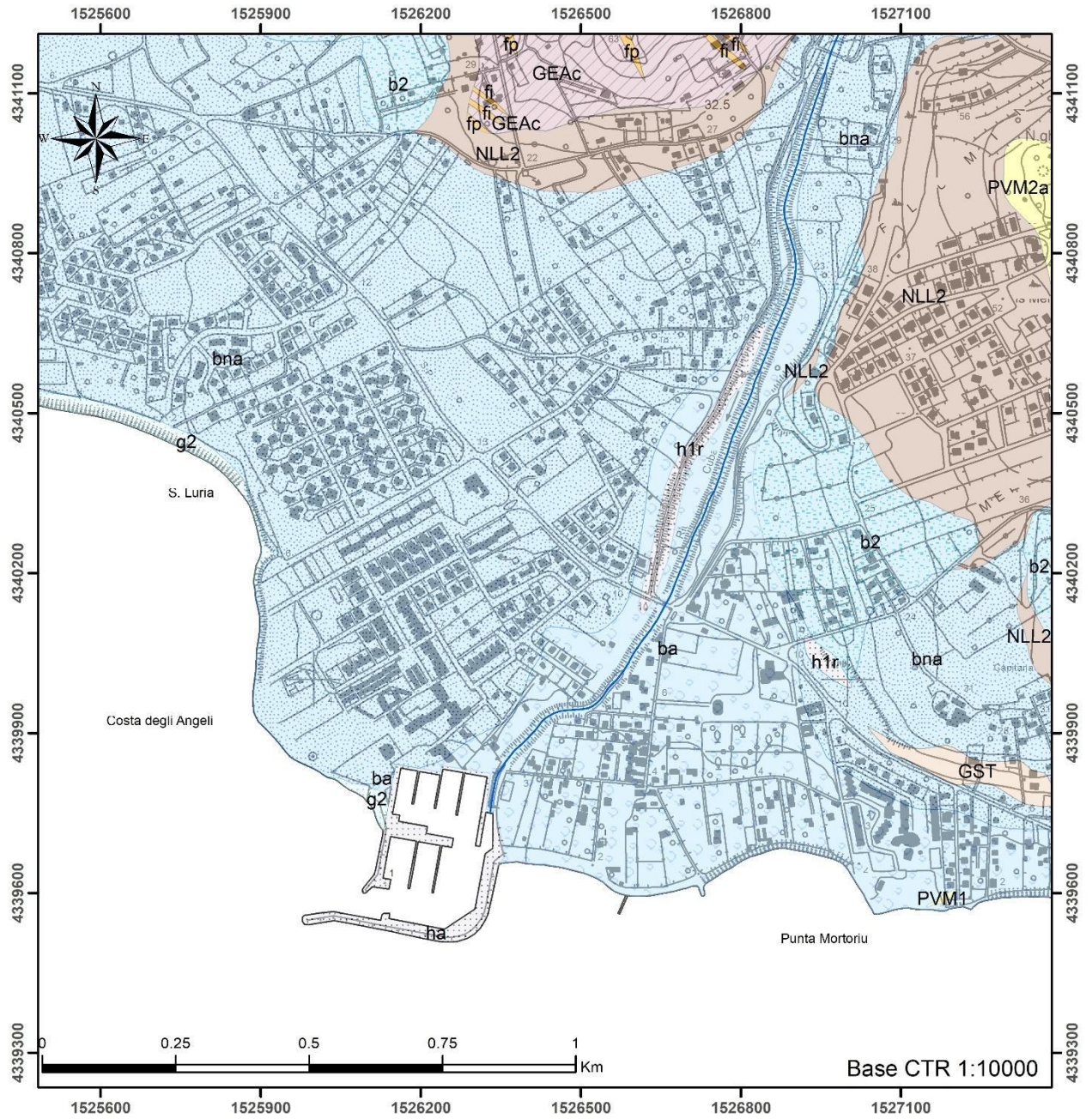


Figura 7. Depositi alluvionali lungo la spiaggia di Capitana.



- | | |
|------------------------------------|---|
| GEOLOGIA | PVM-Subsistema di Portovesme |
| DEPOSITI QUATERNARI | SUCCESSIONE SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA |
| h-Depositi antropici | GST-Marne di Gesturi |
| b-Depositi alluvionali | NLL-Formazione di Nurallao |
| g2-Depositi di spiaggia attuale | COMPLESSO INTRUSIVO TARDO PALEOZOICO |
| b2-Coltri eluvio-colluviali | f-Corteo filoniano |
| bn-Depositi alluvionali terrazzati | GEA-Unità intrusiva di Geremeas |

Figura 8. Carta geologica area ristretta, 1:10'000.

6. Inquadramento geomorfologico e idrografico

L'assetto geomorfologico riflette quello geologico-strutturale. Il territorio è infatti caratterizzato da diverse morfologie correlabili con la litologia. Il basamento paleozoico intrusivo dà vita a rilievi pronunciati. Le forme si addolciscono in corrispondenza della successione vulcano sedimentaria oligo-miocenica. La zona costiera litorale è invece costituita da sedimenti pleistocenici e olocenici che rappresentano le ultime fasi deposizionali, marcando il raccordo delle aree transizionali e marino-costiere. Il Porto di Capitana è posizionato nella zona di transizione morfologica che vede il passaggio tra la vasta area pianeggiante del Campidano e i rilievi granitici del Sarrabus.



Figura 9. Si nota a ovest l'ampia area pianeggiante del Campidano e a Est le propaggini dei Monti del Sarrabus, *Google Earth*.

L'area vasta è caratterizzata dall'esteso sistema collinare rappresentante il bordo del bacino sedimentario terziario del Sarrabus, caratterizzato attualmente dai rilievi collinari delle formazioni marnoso arenacee della successione sedimentaria terziaria, ai quali si sostituisce ad est lo zoccolo granitico ercinico. L'assetto morfologico dei sistemi collinari dell'entroterra deriva principalmente dallo spianamento dei depositi di versante e delle conoidi alluvionali, che evolvono verso mare in aggetti deltizi generati dalle foci del Rio Foxi, del Rio Su Pau e del Rio Cuba. I deflussi provenienti dal bacino idrografico del Rio Cuba e dal bacino idrico costiero, afferente il settore litoraneo compreso tra Torre Is Mortorius e Torre Cala Regina, vengono convogliati a mare da brevi torrenti tra i quali il Rio de Is Stellas rappresenta il più sviluppato. La piana costiera del settore di Foxi-Capitana,

comprende una fascia litoranea lievemente degradante verso mare ed interposta tra questo ed i rilievi del sistema collinare dell'entroterra. Le dinamiche geomorfologiche che in questo settore si esplicano sono principalmente riconducibili ai processi fluviali delle acque del Riu Cuba. La presenza di potenti coltri alluvionali terrazzate testimonia fasi deposizionali connesse ad un sistema idrico decisamente importante in condizioni climatiche più umide delle attuali (Pleistocene). L'insieme del reticolo fluviale contribuisce alla formazione ed alla caratterizzazione del territorio con la morfogenesi e l'evoluzione sia delle conoidi, sia degli estesi sistemi sabbiosi che definiscono il settore litoraneo, attraverso lo sversamento delle frazioni solide veicolate dalle acque incanalate che giungono fino a mare. Essendo una piana costiera, nell'area sono frequenti fenomeni di allagamento e di inondazione. Le portate dei corsi d'acqua infatti possono aumentare in occasione di eventi pluviometrici significativi e determinare talvolta fenomeni di esondazione fluviale con allagamento delle superfici.

Nell'ambito sommerso, il golfo di Cagliari si apre verso il margine continentale della Sardegna meridionale dove è attivo un sistema sedimentario sottomarino composto da una piattaforma continentale, una scarpata e da diversi bacini di scarpata che contribuiscono a loro volta alla sedimentazione della piana abissale sardo-algerina (Lecca et alii, 1998). Nella parte più interna di tale sistema sedimentario è ubicato il Bacino di Cagliari. Questo bacino, controllato nei tempi pliocenico-quadernari dai movimenti dei blocchi tettonici della Sardegna meridionale (Sulcis e Sarrabus) e dai blocchi sottomarini di Su Banghittu e del Monte Ichnusa, è composto da una relativamente ampia piattaforma continentale, da un pendio e da una parte più profonda fino a circa $-800 \div 1000$ m.

L'alternarsi di repentine variazioni del livello del mare dovute alle fasi glaciali e interglaciali succedutesi nel Quaternario antico sino a circa 12-10.000 anni fa, hanno favorito il modellamento morfologico di questo settore della Sardegna e l'attuale conformazione. Durante l'Olocene larghe porzioni dell'area costiera sono state interessate da un'importante erosione e dal modellamento di una falesia viva, come ad ovest di Capitana. In questo settore, in corrispondenza delle foci dei Rii Cuba, Corongiu-Su Pau ed Is Ammostus-Foxi, sono presenti tipici delta conoidi.

L'instaurarsi di un reticolo idrografico importante (attualmente non più attivo) durante l'ultimo periodo glaciale che ha drenato verso la costa i sedimenti ciottoloso-ghiaiosi e sabbiosi provenienti dai rilievi metamorfici del Sarrabus e del Gerrei, ha dato origine ad una vasta piana costiera alluvionale i cui lembi residuali, si rinvengono sulla sommità degli alti morfologici, ad una quota di diverse decine di metri rispetto all'attuale livello del mare, come nel caso del rilievo di Pitz'è Serra / Sant'Anastasia.

Il porticciolo turistico di Capitana è collocato in sponda destra rispetto al Riu Cuba. Tale corso d'acqua segna il passaggio tra i corsi d'acqua del Sarrabus e quelli del Campidano essendo il suo bacino compreso tra il versante sud-occidentale del

Monte Sette Fratelli e le basse colline di Maracalagonis. Il bacino occupa una superficie di circa 30 kmq, è composto prevalentemente da litologie granitiche ad eccezione della piana di Capitana dove l'alveo incontra i primi affioramenti miocenici (Nuraghe Meris). La sua lunghezza complessiva è di 12,4 km. La densità del drenaggio è 3,43 km/kmq con un coefficiente di 0,29.

Il riu Cuba è stato studiato dal PSFF, di cui si riporta la descrizione di seguito. Il Riu Cuba è orientato secondo la direttrice NE-SW, con un percorso vallivo di circa 6 km, piuttosto inciso e con versanti acclivi; il rio scorre con pendenze mediamente elevate nel tratto di monte e a basse pendenze verso valle, fino a sfociare in mare nella costa di Quartu S.Elena, tra le località Costa degli Angeli e Punta Marongiu.

Il rilievo delle caratteristiche geomorfologiche, eseguito sull'ortofotocarta, ha evidenziato come nel tratto di monte il corso d'acqua presenti un alveo-tipo monocursale, debolmente sinuoso, e piuttosto inciso, in assenza di piana alluvionale propria. Nel tratto di valle il rio presenta un ambito fluviale sub pianeggiante che incide i depositi quaternari in presenza di una pianura alluvionale propria. Dal punto di vista geologico il riu Cuba scorre su un basamento ercinico intrusivo, costituito in massima parte da granodioriti tonalitiche interessate da intrusioni filoniane di porfidi granitici e pegmatitici.

Il confronto tra il tracciato dell'alveo evidenziato sulla cartografia I.G.M. alla scala 1:25.000 risalente agli anni '40 dello scorso secolo e quello attuale non evidenzia variazioni significative. La fascia C (fascia di inondazione per piena catastrofica) del riu Cuba segue per lo più il limite del fondovalle alluvionale che corre lungo il piede degli elementi morfologici in rilievo. Nel tratto di monte la fascia C del riu Cuba si posiziona sostanzialmente lungo le nette scarpate dei versanti rocciosi. L'area di valle, caratterizzata da un consistente allargamento del fondovalle presenta una fascia C estremamente larga.

In questo settore la fascia C ricomprende tutte le forme terrazzate individuabili, fino alla zona di raccordo con i versanti vallivi. Moderati effetti sull'estensione della fascia vengono esercitati dagli attraversamenti stradali presenti. In corrispondenza della foce la fascia è stata tracciata seguendo i limiti del fondovalle alluvionale che corre lungo il piede dei rilievi collinari rocciosi e delle ondulazioni della superficie topografica.

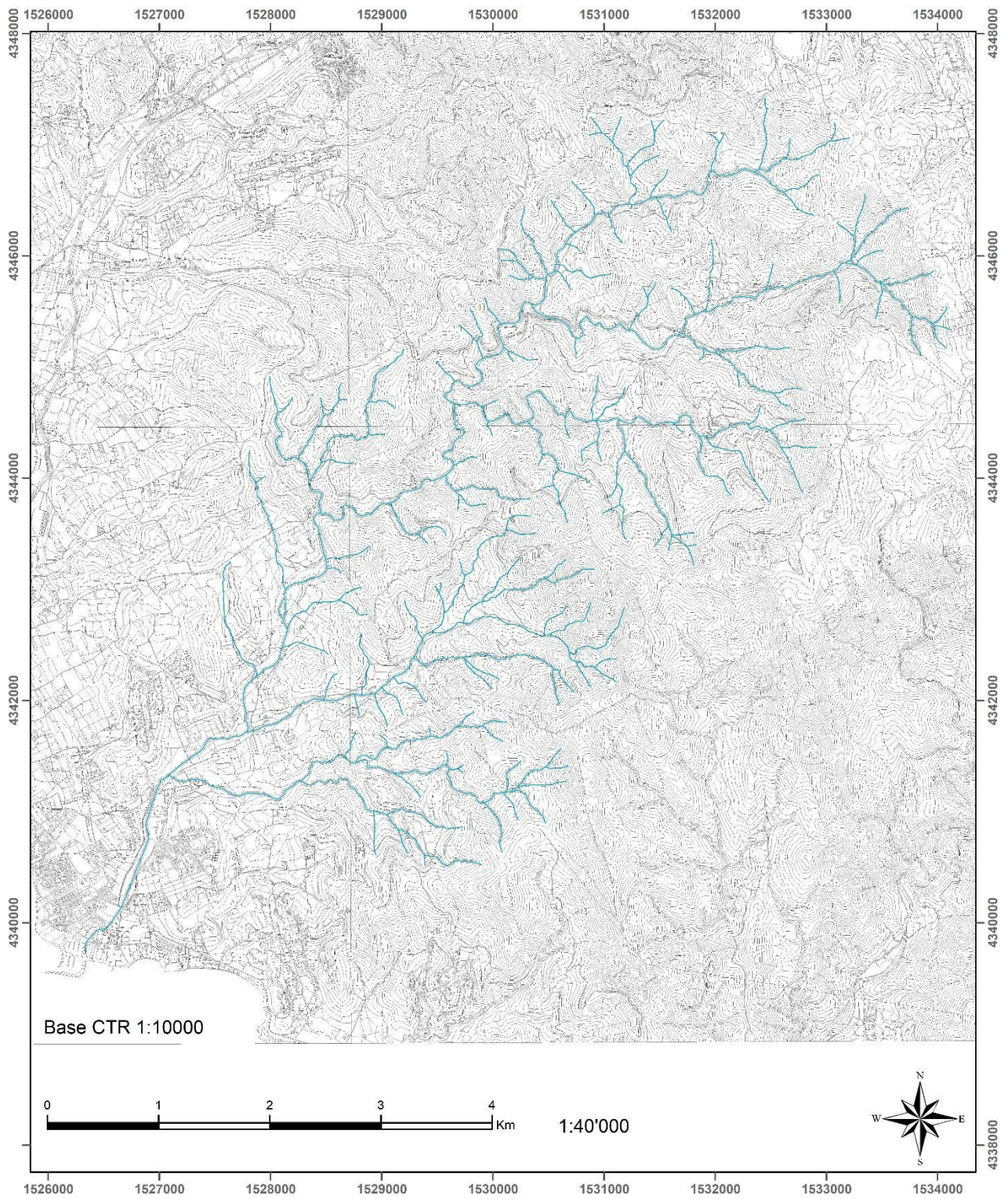


Figura 10. Riu Cuba.

6.1. Evoluzione geomorfologica del margine costiero emerso e sommerso

La piana costiera che va da Foxi a Capitana deriva principalmente dallo spianamento delle colmate detritiche quaternarie progradanti verso il mare, caratterizzate prevalentemente da depositi di versante e glacis, materiale colluviale talvolta interdigitato ai sedimenti clastici alluvionali pleistocenici o attuali in prossimità dei principali corsi d'acqua che sfociano nella settore. La progradazione delle conoidi alluvionali verso mare, deposte nei momenti di maggiore attività dei deflussi, hanno condizionato l'andamento della linea di riva con gli aggetti deltizi, particolarmente evidenti in corrispondenza delle foci del Rio Foxi e del Rio Cuba.

I caratteri morfo-evolutivi dell'area in studio dipendono fortemente dalle dinamiche eustatiche e sedimentarie pleistoceniche. A seguito delle fasi regressive, in cui la linea di riva retrocedeva a causa dell'abbassamento del livello del mare, i corsi d'acqua incidevano il substrato non più sommerso creando profonde valli fino a sfociare a mare. Nelle successive fasi trasgressive, con l'innalzamento del livello del mare, queste valli sono state progressivamente colmate dai depositi alluvionali. Così come evidente nello studio di aree immediatamente limitrofe, come quella del Rio Foxi, si tratta pertanto di un canyon sottomarino colmato da coltri alluvionali.

Nel caso del settore emerso del Rio Cuba, la deposizione dei materiali alluvionali all'uscita dai rilievi ha dato vita a conoidi subpianeggianti che giungono direttamente al mare originando delta-conoidi ciottolosi. All'interno delle alluvioni sono possibili tasche sabbiose deposte in occasione delle piene del Rio stesso. È da notare che le spiagge e i depositi sabbiosi visibili nell'area sono molto esigui. Questo può essere dovuto al dilavamento a mare della porzione fine ad opera del moto ondoso e delle diverse correnti.

Anche attualmente l'apporto detritico proveniente dal fiume risulta scarso se non nullo. Questo si desume anche dalla mancanza di problemi d'interramento del porticciolo.

L'ambito sommerso in corrispondenza dell'area portuale è impostato pertanto su di una profonda paleovalle fluviale, la cui evoluzione è legata in particolare ai processi di incisione del talweg fluviale del Rio Cuba, in concomitanza con le fasi regressive pleistoceniche. Nelle successive fasi trasgressive che hanno portato il livello del mare alla posizione attuale, si sono avute invece intense fasi deposizionali che hanno colmato la paleo incisione del Rio Cuba attraverso una potente coltre alluvionale ciottolosa e sabbiosa.

Si può pertanto ipotizzare che lo spessore di tali depositi alluvionali sia dell'ordine di alcune decine di metri (15-20m), benché non ci siano riferimenti certi in letteratura. Tale considerazione è tuttavia supportata dall'analisi dei depositi in ambito continentale. Qui infatti, si riconosce la presenza di una falda freatica contenuta entro i depositi alluvionali pleistocenici ed olocenici, con una soggiacenza della

tavola d'acqua variabile mediamente da 5 a 10 metri dal piano di campagna, il cui letto è costituito o dalle formazioni mioceniche marnose o dal basamento granitico.

7. Caratterizzazione geologico-tecnica

Nell'ambito del progetto dei lavori di ricostruzione dell'antemurale interessato da danni da mareggiate è stato condotto uno studio di verifica geognostica. Le analisi eseguite illustrano le caratteristiche meccaniche delle formazioni litologiche direttamente o indirettamente coinvolte dagli interventi. Le proprietà litologiche, tradotte in forma numerica, determinate attraverso le indagini geognostiche, le prove in sito e le analisi delle funzioni e delle correlazioni matematiche disponibili in letteratura, sono state valutate in modo critico in funzione delle caratteristiche di comportamento attese.

Al fine di poter caratterizzare l'area da un punto di vista geolitologico e geotecnico, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi geognostici di 6.80 m il primo, e 5.90 m il secondo, svolti dalla società F.c.i. Tech srl (Quartu Sant'Elena, CA). In entrambi i sondaggi i primi 3.80 m corrispondono a materiale lapideo costituente la banchina del porto.



Figura 11. Posizione dei Sondaggi effettuati in data 01/08/2019.

Durante la fase di campo, è stata eseguita una prova SPT a -4.10 m di profondità dal p.c., e sono stati prelevati due campioni dalle carote del primo sondaggio:

- C1- da m. 3.80 a 4.10
- C2- da m. 4.30 a 4.60 ed è stata eseguita una prova SPT in foro.

Su questi campioni è stata eseguita la classificazione granulometrica UNI-CNR 10006.



Figura 12. Esecuzione del sondaggio S2.

Descrizione lito-stratigrafica

Grazie all'esecuzione dei sondaggi geognostici è stato possibile ricostruire la stratigrafia del sito. Le stratigrafie sono state elaborate mediante il programma *Stratigrapher* della *GEOSTRU* e sono riportate nell'allegato 1.

Oltre i 3.80 m di banchina, dal **sondaggio 1** si evidenziano tre Unità litologiche:

1. Da m 3.80 a 4.10 si riscontra un piccolo strato di sabbia fine argillosa-limosa, di colore grigio scuro, in cui è stato prelevato il campione C1.
2. Segue un livello composto da sabbia molto grossolana fino a 5.00 m con intercalati diversi ciottoli, in cui è stato prelevato il campione C2 ed è stata eseguita la prova SPT.
3. L'ultima delle unità (da 5.00 fino a 6.80 m) è caratterizzata da depositi alluvionali, costituiti da ciottoli di dimensioni centimetriche fino a 15 cm, di litologie granitiche e filoniane. Da 5.80 a 6.00 m e da 6.70 a 6.80 m si osservano intercalazioni di sabbie argillose-limose.

Oltre i 3.80 m di banchina, il **sondaggio 2** è così composto:

1. Da 3.80 m a 5.00 m si riscontrano depositi alluvionali costituiti da ciottoli che arrivano a una dimensione anche di 15 cm, di natura prevalentemente granitica e filoniana.
2. Segue uno strato di sabbia molto grossolana fino a 5.45 m con intercalati ciottoli.
3. Fino a 5.90 m ritroviamo i depositi alluvionali con ciottoli fino a 30 cm.

L'area risulta quindi impostata prevalentemente su depositi alluvionali, caratterizzati da ciottoli di dimensioni centimetri che e decimetriche, che possono essere classificati come un conglomerato fluviale mediamente compatto. Lungo la spiaggia adiacente al porticciolo sono stati osservati tali depositi, riportati in Fig. 7 a pag.14, che corrispondono ai delta-conoidi ciottolosi del Riu Cuba. Questi depositi possono avere spessori anche di decine di metri. Com'è stato descritto precedentemente, si tratta di depositi facenti parte di una potente colmata alluvionale stimabile in spessore nell'ordine delle decine di metri (15-20m), ragione per la quale nei sondaggi effettuati non si è ritenuto opportuno scendere oltre le profondità indagate.

Tuttavia, al di sopra delle coltri alluvionali, sono presenti localmente dei livelli discontinui sabbiosi dell'ordine del metro di spessore con presenza di frazioni fini in prossimità della superficie. Questi livelli sabbiosi sono da ritenersi rielaborazioni in ambito marino dei depositi alluvionali sottostanti.

In questo senso, l'evidenziato cedimento verificatosi nella banchina a ovest del porto, in cui è stato eseguito il Sondaggio S1, può essere causato da basculamenti legati a fenomeni di sifonamento che hanno portato allo svuotamento di possibili lenti di materiali fini. Tale fenomeno si è verificato nella fase di assestamento del terreno subito dopo la fase di costruzione del porto, per cui si può considerare come un processo concluso.

SONDAGGIO 1



Figura 13. Foto Sondaggio 1, da 0m (in alto) a 5m (in basso).



Figura 14. Foto Sondaggio 1, da 5 m (in alto) a 10 m (in basso).

SONDAGGIO 2



Figura 15. Foto Sondaggio 2, da 0m (in alto) a 5m (in basso).



Figura 16. Foto Sondaggio 2, da 5 m (in alto) a 10 m (in basso).

7.1. Caratterizzazione geotecnica delle sabbie

6.1.1 Risultati prova S.P.T e correlazioni.

La prova S.P.T (Standard Penetration Test), effettuata nel sondaggio S1 in corrispondenza dei depositi sabbiosi superficiali, consiste nella misura del n° di colpi (N) necessari all'affondamento per 3 tratti di 15 cm di una punta conica di 50 mm, spinta dalla caduta, su una testa cilindrica interposta nelle aste di accompagnamento, di una massa battente pesante 63 Kg (140 lb) con una volata di 75 cm.

Il valore N/S.P.T. si determina sommando il numero dei colpi dei due tratti finali e, si considera rifiuto un numero di colpi superiore a 40 per un tratto di 15 centimetri.

Il valore ottenuto in sito è pari a **N.SPT_{tot} 13 colpi**.

Tramite il software Dynamic Probing (prodotto dalla GEOSTRU) sono state effettuate diverse correlazioni ricavabili direttamente dal NSPT calcolato sul campo.

Data la diversa gamma di scelta delle diverse correlazioni esistenti per ogni parametro, sono state effettuate diverse prove di calcolo per ogni parametro ricavabile. Le correlazioni utilizzate, scelte in base alle prove di calcolo e a quanto indicato dalla letteratura, sono riportate di seguito:

Angolo di Attrito (°)

- Correlazione di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

$$\phi' = 27.2 + 0.28 N_{spt}$$

Densità relativa (%)

- Correlazione di Gibbs & Holtz (1957) - Correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{spt}}{0.7 + \sigma'_{v0}}}$$

Modulo Di Young (E_y)

- Correlazione di Schultze-Menzenbach - correlazione valida per vari tipi litologici.

$$E_Y = C_1 + C_2 N_{spt} \pm S_E$$

dove C1 e C2 dipendono dal tipo di terreno e S_E è la deviazione standard:

C₁ = 43, C₂ = 11.8, S_E = 42.3 per sabbia ghiaiosa

Modulo edometrico

- Correlazione di Farrent (1963) - correlazione valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

$$E_d = 7.1 N_{spt}$$

Peso di volume

- Correlazione di Terzaghi-Peck (1948-1967) - correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$ e per peso di volume secco variabile da 1,33 (NSPT = 0) a 1,99 (NSPT = 95)

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Correlazione di Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

$$G = 650 N_{spt}^{0.94} \text{ per sabbie pulite}$$

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 - Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Modulo di reazione (Ko)

- Correlazione di Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Correlazione di Robertson 1983 Qc

$$Q_c = 4 N_{spt} \text{ per sabbie e ghiaie}$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori ottenuti tramite il programma Dynamic Probing GEOSTRU.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Densità relativa (%) |
|----------------------|------|------------------|------------|-----------------------|----------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10.-4,55 | 13 | Gibbs & Holtz 1957 | 41,07 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|----------------------|------|------------------|------------|---|----------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Peck-Hanson- Thornburn- Meyerhof 1956 | 30,71 |

Modulo di Young

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm ²) |
|----------------------|------|------------------|------------|--|---------------------------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | 154,10 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
|----------------------|------|------------------|------------|--------------|---|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Farrent 1963 | 92,30 |

Classificazione AGI

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Classificazione AGI |
|----------------------|------|------------------|------------|--------------------------|--------------------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Classificazione A.G.I | MODERATAME NTE ADDENSATO |

Peso unità di volume

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Peso Unità di Volume (t/m ³) |
|----------------------|------|------------------|------------|-----------------------|--|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Terzaghi-Peck 1948 | 1,51 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Peso Unità Volume Saturo (t/m ³) |
|----------------------|------|------------------|------------|-----------------------|--|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Terzaghi-Peck 1948 | 1,94 |

Modulo di Poisson

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Poisson |
|----------------------|------|------------------|------------|--------------|---------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | (A.G.I.) | 0,33 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | G (Kg/cm ²) |
|----------------------|------|------------------|------------|------------------------|-------------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 724,47 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|----------------------|------|------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Ohta & Goto (1978) Limi | 124,95 |

Liquefazione

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Fs liquefazione |
|----------------------|------|------------------|------------|----------------------|-----------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Seed e Idriss (1971) | -- |

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | K_0 |
|----------------------|------|------------------|------------|------------------|-------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Navfac 1971-1982 | 2,73 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | NSPT | Prof. Strato (m) | N. Calcolo | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|----------------------|------|------------------|------------|----------------|--------------------------|
| Strato (1) Strato | 13 | 4.10-4,55 | 13 | Robertson 1983 | 26,00 |

6.1.2 Classificazione granulometrica depositi sabbiosi

Per classificazione geotecnica si intende un sistema di identificazione del materiale in funzione di caratteristiche fisiche misurate secondo indicazioni standardizzate. Sui campioni di terreno prelevato a diversi livelli, corrispondenti al primo metro di materiale sabbioso, si sono elaborate classificazioni prevalentemente di tipo granulometrico, con restituzione della curva cumulativa dei diametri e delle quantità delle diverse classi. I grafici delle curve granulometriche cumulative sono visibili all'allegato 2 relativo alle prove di laboratorio.

Le analisi per la determinazione della classificazione delle terre UNI-CNR 10006 sono state eseguite dal laboratorio certificato Geosystem (Quartu Sant'Elena, CA), di cui i risultati sono riassunti di seguito:

- Il campione C1 appartiene alla classe **A3** corrispondente alle sabbie fini con qualità portanti da eccellenti a buone.
- Il campione C2 appartiene alla classe **A1.a** corrispondenti a sabbie grossolane, ghiaie o brecce, ghiaia o breccia sabbiosa. Osservando la percentuale trattenuta nel setaccio dei 4 mm (limite tra ghiaie e sabbie), tale campione è stato classificato come sabbia grossolana o ghiaia fine a matrice sostenuta.

| UDDEN & WENTWORTH | | | |
|-------------------|-----------|---------------------------|--------|
| mm | Scala phi | Definizione | |
| >256 | -8 | masso | GHIAIA |
| da 256 a 128 | -7 | ciottolo molto grossolano | |
| da 128 a 64 | -6 | ciottolo grossolano | |
| da 64 a 32 | -5 | ciottolo medio grossolano | |
| da 32 a 16 | -4 | ciottolo medio | |
| da 16 a 8 | -3 | ciottolo medio-fine | |
| da 8 a 4 | -2 | ciottolo fine | |
| da 4 a 2 | -1 | granulo | |
| da 2 a 1 | 0 | sabbia molto grossolana | SABBIA |
| da 1 a 1/2 | 1 | sabbia grossolana | |
| da 1/2 a 1/4 | 2 | sabbia media | |
| da 1/4 a 18 | 3 | sabbia fine | |
| da 1/8 a 1/16 | 4 | sabbia finissima | |
| da 1/16 a 1/32 | 5 | silt medio | FANGO |
| da 1/32 a 1/64 | 6 | silt fine | |
| da 1/64 a 1/128 | 7 | silt finissimo | |
| <1/128 | 8 | argilla | |

Figura 17. Scala granulometrica Udden & Wentworth.

7.2. Caratterizzazione geotecnica dei depositi alluvionali

Trattandosi di ciottoli granitici clasto-sostenuti, è risultato impossibile effettuare prove SPT (eseguibili per sabbie e ghiaie fini) o di effettuare le classificazioni granulometriche (idonee per terreni). Ai fini della modellazione, i depositi alluvionali sono stati considerati a livello di macro scala come un ammasso roccioso. Tale assunzione è stata fatta sulla base della natura clasto-sostenuta e la minima percentuale di matrice presente. In particolare ai fini del calcolo dell'indice GSI è stato assimilato ad un ammasso alterato, fratturato con discontinuità multiple che formano blocchi con bassa percentuale di frazioni fini, utilizzando il grafico seguente in Figura 18.

Pertanto per caratterizzare tali depositi è stata eseguita una modellazione tramite il software RockLab1.

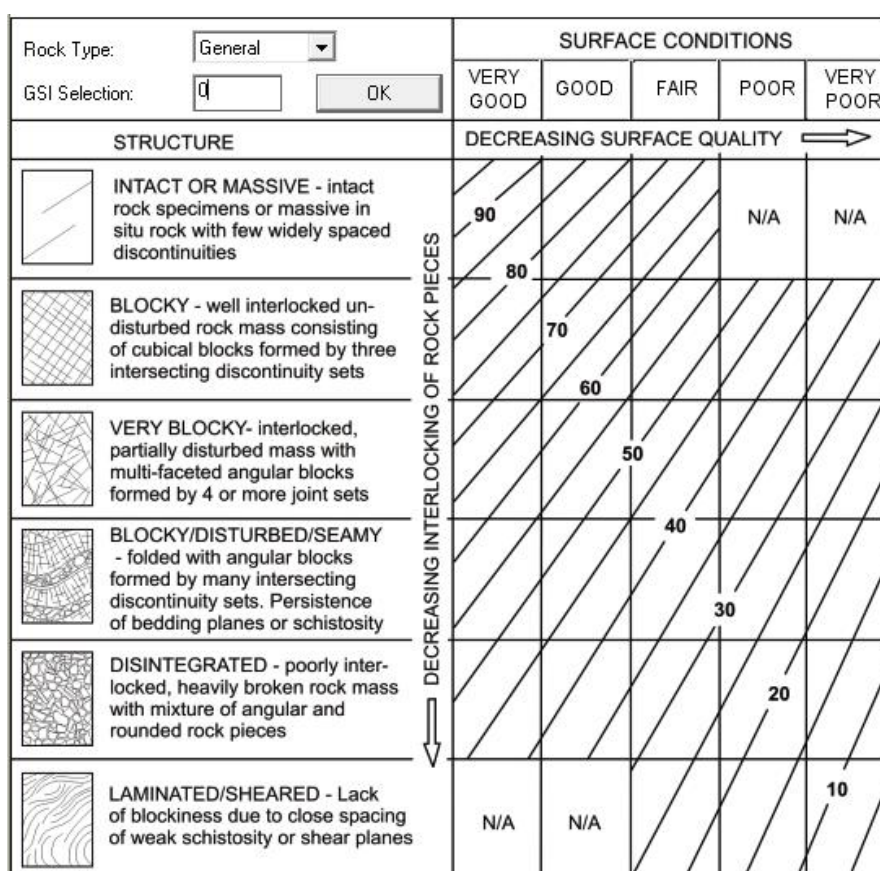


Figura 18. Schema per l'identificazione grafica del GSI (geological strength index, Hoek 2004)

La classificazione è stata eseguita basandosi sulla *Hoek-Brown Classification* per la quale sono stati forniti i seguenti parametri iniziali:

sigci: *Intact uniaxial comp. strength*

GSI: *Geological Strength Index*

mi: *valore corrispondente alla matrice rocciosa*

D: *Indice di Disturbo*

Ei: *Intact modulus (Ei=MR*sigi)*

MR: *Modulus Ratio*

Dai quali sono stati dedotti i seguenti parametri:

Hoek-Brown Criterion

mb, s, a: *costanti adimensionali*

Mohr-Coulomb Fit

c: *Coesione*

phi: *Angolo di Attrito*

Rock Mass Parameters

sigt: *tensile strength*

sigcs: *uniaxial compressive strength*

sigcm: *global strength*

Em: *Deformation modulus*

I risultati della modellazione basata su dati di letteratura sono riassunti di seguito.

Hoek Brown Classification

sigci 175 MPa

GSI 30

mi 21

D 0

Ei 61250

Hoek Brown Criterion

mb 1.72378
s 0.000418942
a 0.522344

Failure Envelope Range

Application General
sig3max 43.75 MPa

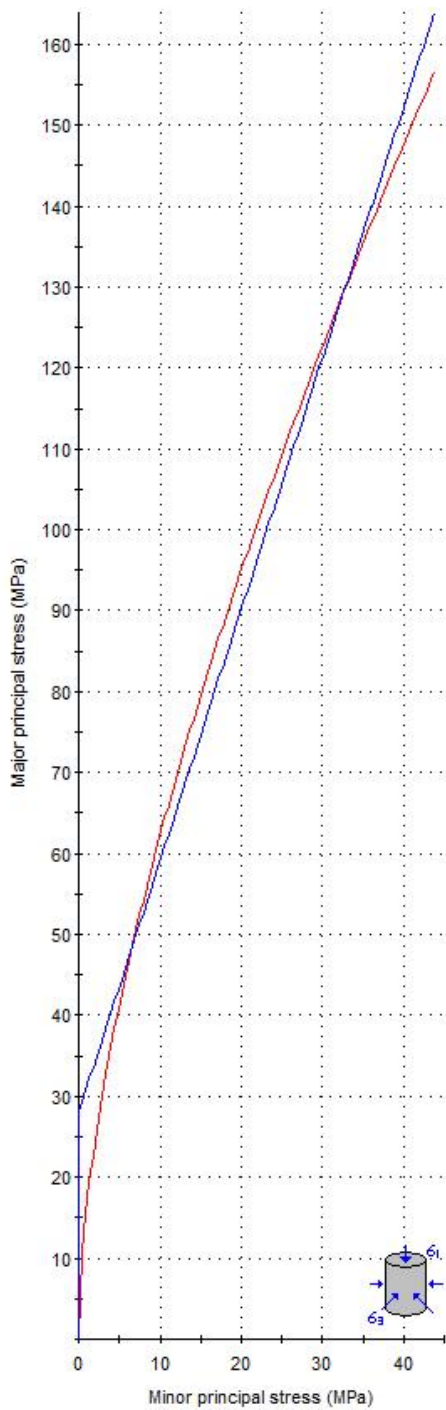
Mohr-Coulomb Fit

c 7.99173 MPa
phi 30.8283 degrees

Rock Mass Parameters

sigt -0.0425313 MPa
sigc 3.01052 MPa
sigcm 28.1522 MPa
Em 4984.72 MPa

Per quanto riguarda il Peso dell'Unità di Volume si assume uguale a 1.8 t/m³, valore associato in letteratura ai graniti.



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 175 MPa
 GSI = 30 m_i = 21 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 61250 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 1.724 s = 0.0004 a = 0.522

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 7.992 MPa friction angle = 30.83 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.043 MPa
 uniaxial compressive strength = 3.011 MPa
 global strength = 28.152 MPa
 deformation modulus = 4984.72 MPa

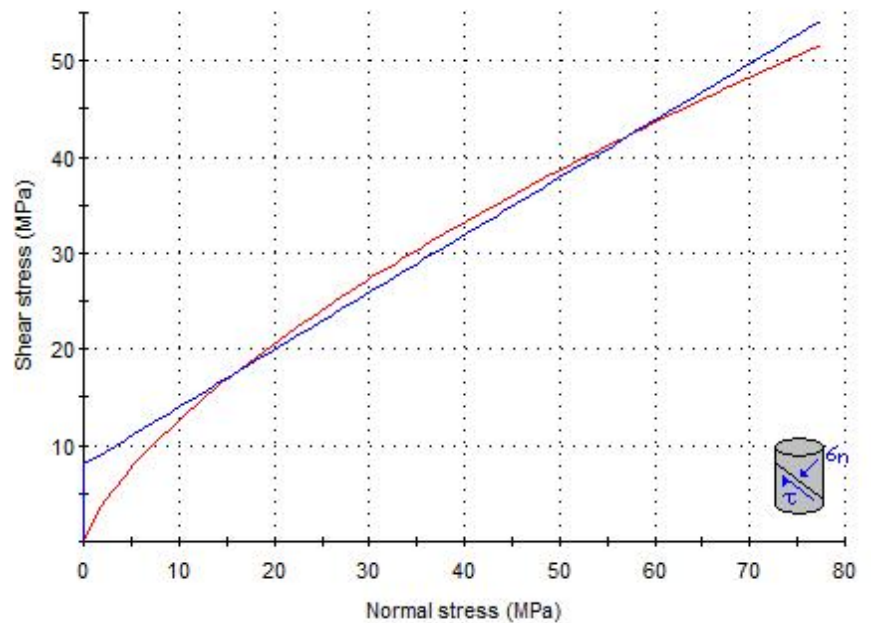


Figura 19. Analisi con il criterio di rottura di Hoek, in blu la linea di involucro di Mohr Coulomb

8. Conclusioni

Dal punto di vista geologico e geologico tecnico, l'area di intervento è impostata prevalentemente su depositi di natura alluvionale costituiti da ciottoli di dimensioni centimetriche e decimetriche, di origini granitiche e filoniane. Sono stati individuati strati sabbiosi sia di sabbie fini che di sabbie da molto grossolane a ghiaie fini tipici di ambienti fluvio-deltizi.

In tabella sono riassunte le proprietà e i parametri principali elaborati per i diversi strati di sabbie:

| LITOLOGIA | CLASSIFICAZIONE UNI-CNR 1006 | CAPACITÀ PORTANTI | PARAMETRI | | | |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|----|----------|------------------|
| | | | Φ' (°) | C. | D.r. (%) | P.sp. (kN/mc) |
| Sabbia fine | A3 | Buone | - | - | - | - |
| Sabbie molto grossolane | A1.a | Eccellenti | 30 | 0 | 41 | 26 |

Figura 21. Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche. Leggenda: Φ' . Angolo di Attrito; C. Coesione; D.r. Densità Relativa; P.sp. Peso specifico dei granuli.

Per quanto riguarda in particolare i depositi alluvionali si tratta di depositi facenti parte di una potente colmata alluvionale stimabile in spessore nell'ordine delle decine di metri (15-20m), ragione per la quale nei sondaggi effettuati non si è ritenuto opportuno scendere oltre le profondità indagate. Possono essere classificati come un sottofondo stabile, con alti valori di resistenza e con eccellenti qualità portanti. In ogni caso è plausibile che si instaurino sul bedrock granitico, su cui è impostata la stessa incisione valliva del Rio Cuba.

| Parametro | sigla | Valore stimato |
|----------------------|------------------------------|----------------|
| Angolo di Attrito | Φ (°) | 31 |
| Coesione | C (MPa) | 8 |
| Modulo di Young | E (MPa) | 4984.72 |
| Peso unità di Volume | γ (t/m ³) | 1.8 |





Figura 22. Tabella riassuntiva dei parametri stimati per i depositi alluvionali conglomeratici.

In base ai caratteri precedentemente descritti e da quanto indicato nelle **NTC 2018**, il sottosuolo (comprensivo delle sabbie e dei depositi alluvionali) può essere attribuito alla **Categoria B**, riferibile a "rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

Allegato 1. Stratigrafie

Via Pasquale Cugia, 14
09129 Cagliari, Italia
cf/p.iva: 02694380920

| | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|
| Committente SAROMAR GESTIONI SRL | Profondità raggiunta 6.80 m | Quota Ass. P.C. | Certificato n° | Pagina |
| Operatore | Indagine Penetrometrica | Note1 Quota falda da intendersi come livello medio del mare. | | Inizio/Fine Esecuzione 01/08/2019 |
| Responsabile | Sondaggio S1 | Tipo Carotaggio Continuo | Tipo Sonda | Coordinate X Y |

| Scala (mt) | Litologia | Descrizione | Quota | Parametri geotecnici | S.P.T. | Pocket Test kg/cm ² | Vane Test kg/cm ² | Campioni | Metodo Perforazione | Metodo Stabilizzaz. | Cass. Catalog. | Falda | Altre prove | Altre prove |
|------------|--|---|-------|---|-------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------|------------------------|------------------------|-------------------|-------|-------------|-------------|
| 1 |  | Banchina | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 |  | Sabbia fine argillosa-limosa, di colore grigio scuro. | 3.80 | | | | | | | | | | | |
| 4 |  | Sabbia molto grossolana di colore grigio, con intercalati clasti di dimensioni da millimetriche a centimetriche. | 4.10 | Classe A3 (UNI10006), sabbia fine, qualità portanti buone | Nspt tot 13 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 |  | Ciottoli di dimensioni centimetriche fino a 15 cm, di litologie granitiche e filoniane, con intercalazioni di sabbie argillose-limosee da 5.80 a 6.00 m e da 6.70 a 6.80 m. | 5.00 | Classe A1.a (UNI 10006), sabbia grossolana, con qualità portanti eccellenti. Angolo di attrito: 30°, Coesione: 0, Densità relativa: 41.07%. Peso specifico granuli: 25.99 KN/mc | 4.10 PA | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |

1.00





3.80
R
4.10
4.30
R
4.60

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:Continuo

Responsabile

Via Pasquale Cugia, 14
09129 Cagliari, Italia
cf/p.iva: 02694380920

| | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|--|----------------|--------------------------------------|
| Committente SAROMAR GESTIONI SRL | Profondità raggiunta 5.90 | Quota Ass. P.C. | Certificato n° | Pagina |
| Operatore | Indagine Penetrometrica | Note1 Quota falda da intendersi come livello medio mare | | Inizio/Fine Esecuzione 01/08/2019 |
| Responsabile | Sondaggio S2 | Tipo Carotaggio Continuo | Tipo Sonda | Coordinate X Y |

| Scala (mt) | Litologia | Descrizione | Quota | Parametri geotecnici | S.P.T. | Pocket Test kg/cmq | Vane Test kg/cmq | Campioni | Metodo Perforazione | Metodo Stabilizzaz. | Cass. Catalog. | Falda | Altre prove | Altre prove |
|------------|--|--|-------|-----------------------------|--------|-----------------------|---------------------|----------|------------------------|------------------------|-------------------|-------|-------------|-------------|
| -1 |  | Banchina | | | | | | | | | | | | |
| | | | -3.80 | | | | | | | | | | | |
| -4 |  | Ciottoli di dimensioni centimetriche fino a 10 cm, con intercalata ghiaia. | | Sottofondo stabile vedi S1 | | | | | | | | | | |
| | | | -5.27 | | | | | | | | | | | |
| -5 |  | Sabbia grossolana con intercalati ciottoli. | -5.45 | Sabbia grossolana, vedi S1 | | | | | | | | | | |
| -6 |  | Ciottoli di dimensioni centimetriche fino a una lunghezza di 30 cm, di litologie granitiche e filoniane. | -5.90 | Sottofondo stabile, vedi S1 | | | | | | | | | | |
| -7 | | | | | | | | | | | | | | |

-1.00
|
|
|

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Carotaggio:Continuo

Responsabile

Allegato 2. Analisi granulometriche



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

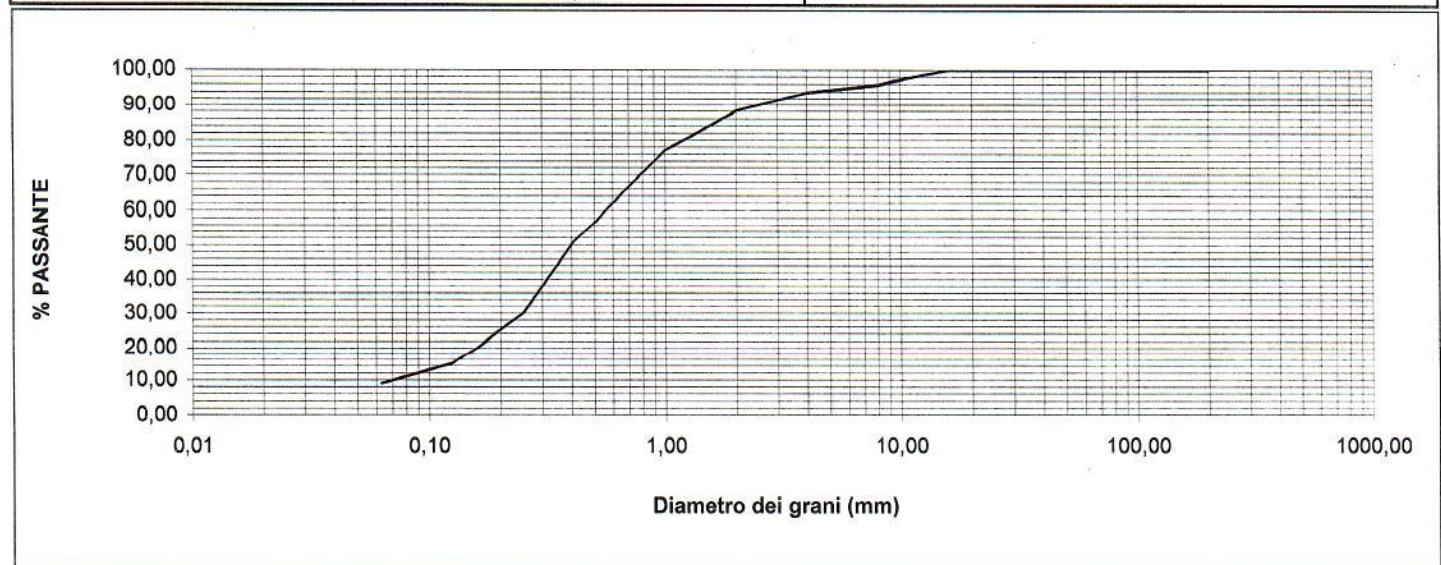
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4960-1 DEL 02/08/2019
COMMITTENTE Criteria srl
CANTIERE Porto Capitana

CAMPIONE C1
UBICAZIONE /
DATA PRELIEVO 01/08/2019 DATA PROVA 08/08/2019

CERTIFICATO N. 038647 DEL 09 AGO. 2019

| ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1 | | LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12 | |
|---|------------|--|-------|
| SETACCI (mm) | PASSANTE % | LIMITE LIQUIDO (%) | N.D. |
| 200,0 | 100,00 | LIMITE PLASTICO (%) | N.P. |
| 150,0 | 100,00 | INDICE PLASTICO | N.P. |
| 125,0 | 100,00 | INDICE DI GRUPPO | 0 |
| 100,0 | 100,00 | CLASS.UNI EN 11531-1 | A3 |
| 63,0 | 100,00 | | |
| 31,5 | 100,00 | Peso Specifico granuli (ASTM D 854) kN/mc | 26,29 |
| 16,0 | 100,00 | | |
| 8,0 | 95,85 | | |
| 4,0 | 93,81 | | |
| 2,0 | 88,18 | | |
| 1,0 | 77,06 | | |
| 0,4 | 50,22 | | |
| 0,25 | 30,07 | | |
| 0,125 | 14,79 | | |
| 0,063 | 9,00 | | |

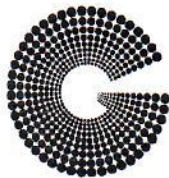


NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

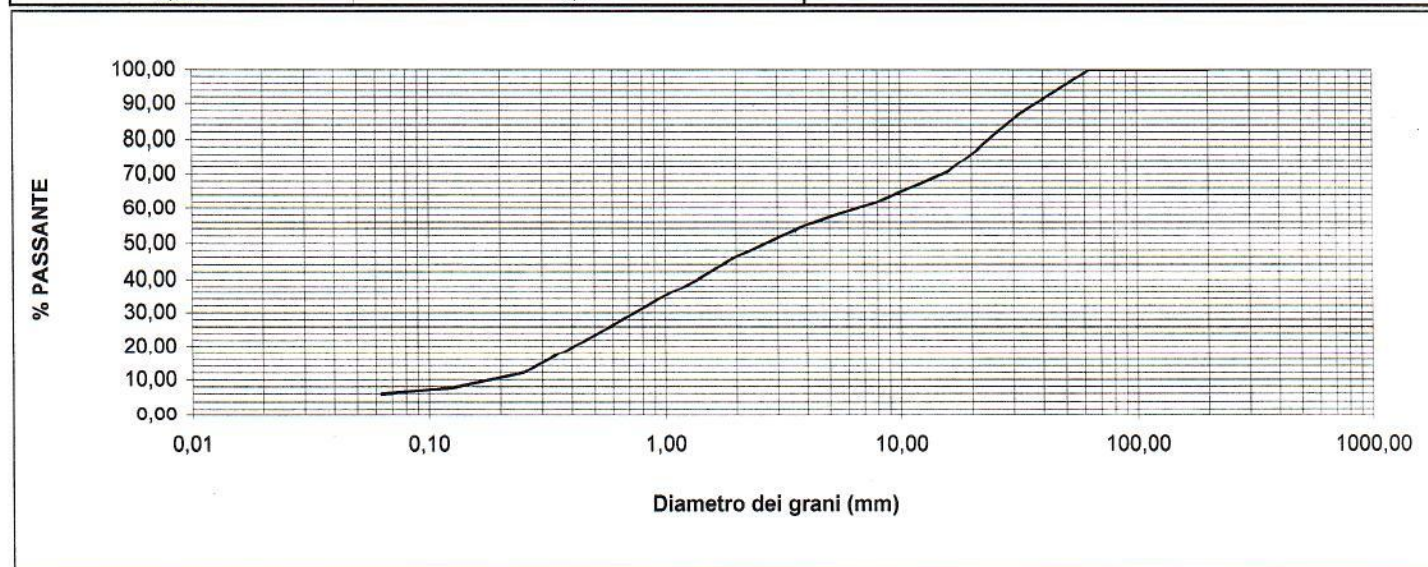
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4960-2 DEL 02/08/2019
COMMITTENTE Criteria srl
CANTIERE Porto Capitana

CAMPIONE C2
UBICAZIONE /
DATA PRELIEVO 01/08/2019 DATA PROVA 08/08/2019

CERTIFICATO N. 038648 DEL 09 AGO. 2019

| ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1 | | LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12 | |
|---|------------|--|-------|
| SETACCI (mm) | PASSANTE % | LIMITE LIQUIDO (%) | N.D. |
| 200,0 | 100,00 | LIMITE PLASTICO (%) | N.P. |
| 150,0 | 100,00 | INDICE PLASTICO | N.P. |
| 125,0 | 100,00 | INDICE DI GRUPPO | 0 |
| 100,0 | 100,00 | CLASS.UNI EN 11531-1 | A1-a |
| 63,0 | 100,00 | | |
| 31,5 | 86,77 | Peso Specifico granuli (ASTM D 854) kN/mc | 25,99 |
| 16,0 | 70,63 | | |
| 8,0 | 61,97 | | |
| 4,0 | 55,08 | | |
| 2,0 | 46,08 | | |
| 1,0 | 34,95 | | |
| 0,4 | 19,68 | | |
| 0,25 | 12,01 | | |
| 0,125 | 7,64 | | |
| 0,063 | 5,91 | | |



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis