COMUNE DI BUGGERRU

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DELLE DISCARICHE PRESENTI IN PROSSIMITÀ DELLA SPIAGGIA DI BUGGERRU E MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DELLE VECCHIE DIGHE STERILI A RIDOSSO DELL'AREA PORTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

SDG	*SDI*
Studio di Geologia *Dott. Geol. Franco Cherchi* *Via Malpighi n 1 – Iglesias* *Tel 078124009* *e-mail francocherchi2015@gmail.com*	*Studio di Ingegneria* *Dott. Ing. Salvatore Angelo Figus* *Via Giusti n 10 – Iglesias* *Tel 07811986250* *e-mail angelo.figus@gmail.com*

OTTOBRE 2018

INDICE

1 - PREMESSA 2
2 – INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE 2
2.1 – Geomorfologia 2
2.2 – Geologia 4
2.2.1 – Geologia di dettaglio 7
2.3 - Tettonica 10
2.4 - Climatologia 11
2.5 - Cenni di pedologia 13
2.6 – Idrogeologia 13
2.6.1 – Idrogeologia di dettaglio 13
2.7 - Idrologia 14

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica fa parte del progetto definitivo che prevede gli interventi di messa in sicurezza delle discariche presenti in prossimità della spiaggia di Buggerru e messa in sicurezza permanente delle vecchie dighe sterili a ridosso dell'area portuale che conferiranno ai luoghi una nuova morfologia degli areali, rispettosa ed in linea con il quadro dei vincoli previsti dagli strumenti di programmazione comunali e regionali.

2 – INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE

2.1 – Geomorfologia

Da un punto di vista morfologico, il territorio è caratterizzato da un esteso tratto costiero contrassegnato da alte falesie che imprimono al litorale un paesaggio di notevole bellezza, ricco di vari ed interessanti aspetti paesaggistico-ambientali.

E' da sottolineare che nell'Iglesiente, lungo la falesia di Masua- Nebida - Buggerru, si ritrova una delle linee di costa più antiche d'Europa; caratteristica peculiare di questo tratto di costa è il colore bianco del calcare ceroide con sfumature giallastre dove, nelle zone brecciolari e di fatturazione avviene il fenomeno della dolomitizzazione.

L'altitudine media aumenta progressivamente dalla costa fino a raggiungere cime superiori ai 500 metri nella parte orientale dell'area (Punta Perdosa 523 m s.l.m., Monte Malfidano 540 m s.l.m.). Tutta la zona ha risentito dell'erosione, che si é protratta fino all'ingressione triassica, con la formazione di peneplanazioni e numerose dislocazioni.

Il calcare Metallifero termina a dirupo sul mare con altezze che in molti punti superano i 100 metri. Nel tratto di costa compreso fra Bega sa Canna e Buggerru, la falesia é interrotta solo dalle insenature di Canal Grande e Cala Domestica.

Anche l'uomo é diventato un fattore di modellamento del rilievo. L'attività mineraria così come in tutto l'Iglesiente ha modificato profondamente il paesaggio lasciando profondi segni con discariche, scavi e impianti abbandonati.

Ciò ha prodotto evidenti alterazioni sul suolo e ripercussioni anche sulla vegetazione, la cui assenza per il disboscamento indiscriminato e per gli incendi ha esposto il territorio all'erosione idrica ed eolica.

Complessivamente il territorio si presenta come un mosaico con cavità variamente allungate con rilievi a scarpata molto ripida o a gradoni sui versanti. Queste forme del rilievo sono diventate parte integrante del paesaggio con peculiari caratteristiche morfologiche e cromatiche che rivelano i segni della storia evolutiva della cultura mineraria.

L'abitato di Buggerru è ubicato in un'insenatura piuttosto ampia che si sviluppa lungo un tratto di costa roccioso dove il rio Acqua sa Murta ha il suo sbocco a mare. Il rio nasce in località Punta su Liberau e con andamento, dapprima NE-SW, ed E-W nell'ultimo tratto, si dirige nell'area mineraria di Malfidano, dove prende il nome di Gutturu Malfidano; si disperde quindi con circolazione sotterranea nella formazione carbonatica cambriana affiorante in questo settore (Figura 1).

Nell'area prospiciente la spiaggia è presente una grossa discarica la cui composizione granulometrica varia da frazioni fini a pezzature grossolane decimetriche in funzione della provenienza del materiale (tracciamenti delle gallerie e scavi a cielo aperto). Si tratta, per lo più, di materiali incoerenti e solo raramente manifestano una debole coesione in presenza di materiali terrosi fini. La discarica è interessata da erosione diffusa che determina trasporto solido verso il mare.

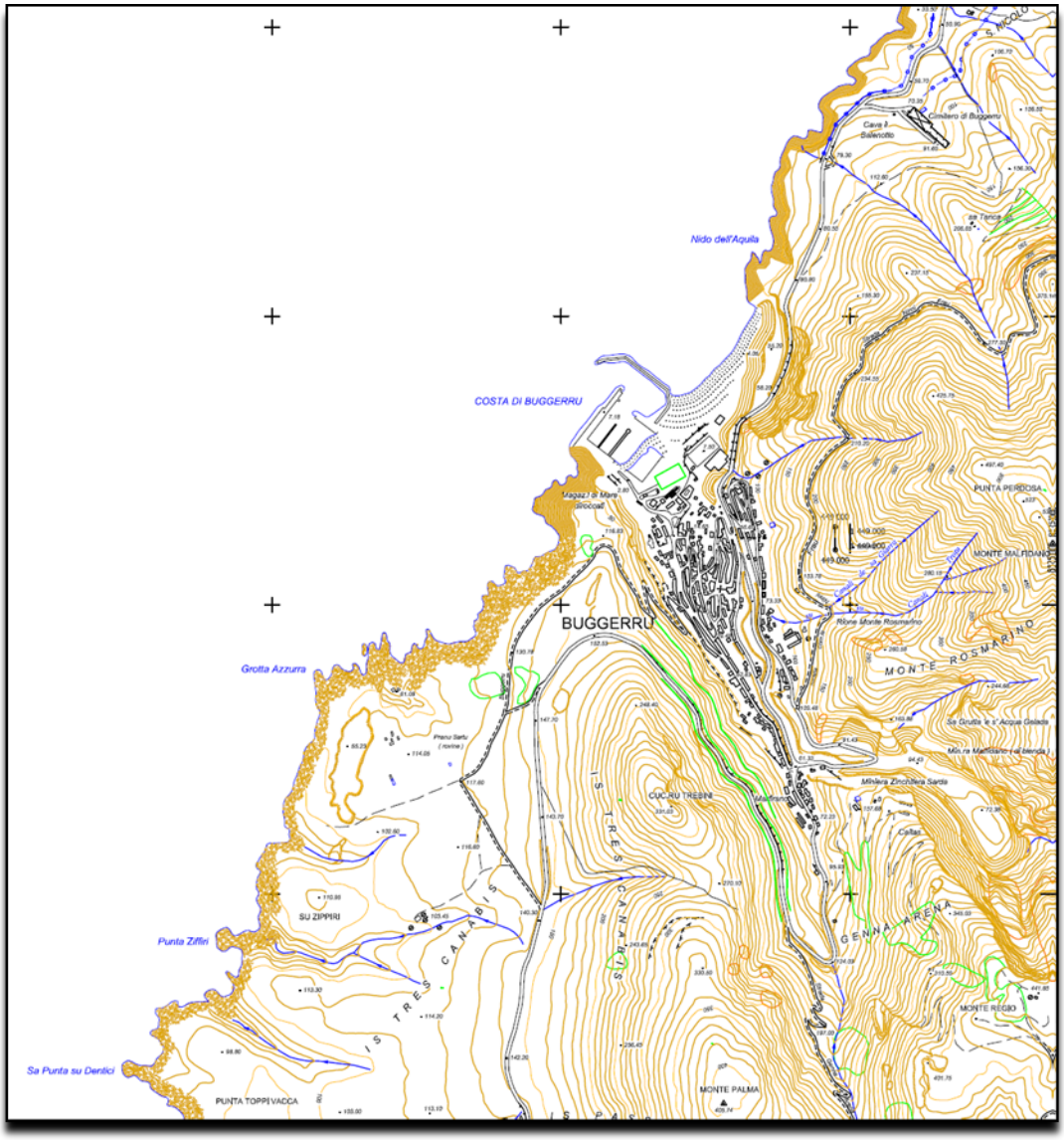

Figura 1 – Planimetria del centro urbano di Buggerru

2.2 – Geologia

L'Iglesiente si presenta con caratteristiche geologiche molto complesse ed altamente peculiari (Figura 2 Tavola 3).

Le peculiarità di questo vasto settore sono la presenza dei più cospicui giacimenti minerari metalliferi d'Italia, e l'esistenza dei terreni geologicamente più antichi di tutto il territorio italiano datati paleontologicamente.

Il basamento cristallino paleozoico del territorio di area vasta è formato da sequenze di rocce che hanno un'età che va dal Cambriano inferiore all'Ordoviciano sommitale.

La successione cambro-ordiviciana inferiore (Pillola, 1994), di origine quasi esclusivamente marina, è stata suddivisa a partire dal più antico al più recente in:

a) *Gruppo di Nebida;*

b) *Gruppo di Gonnesa;*

c) *Gruppo di Iglesias.*

Il Gruppo di Nebida (800 m) fino a qualche anno fa era noto anche come Formazione di Nebida e denominato in passato Formazione delle «Arenarie» (Auct.) per la preponderanza di queste litologie. Oggi questo gruppo è suddiviso in Formazione di Matoppa e Formazione di Punta Manna (Pillola, 1994).

Quella di Matoppa è la formazione geologica più antica che mai sia stata datata su basi paleontologiche in Sardegna ed in Italia ed è costituita essenzialmente da sedimenti marini terrigeni con subordinate intercalazioni carbonatiche. Le associazioni fossilifere più caratteristiche ed importanti guida per la datazione sono quelle a trilobiti (Rasetti, 1972; Pillola, 1994 e riferimenti), e quelle ad archeociati.

Gli archeociati sono organismi costruttori di scogliere come gli attuali coralli, ciò spiega la presenza di banchi di calcare organogeno, contenenti i resti fossili di questi organismi, nella parte superiore di questa antica formazione. L'ambiente deposizionale della Formazione di Nebida è costituito da un fronte deltizio orientato verso E-SE e caratterizzato, nelle aree più protette, da piccole scogliere ad archeociati.

Direttamente in successione fa seguito la Formazione di Punta Manna, formata alla base da un "orizzonte oolitico". Questo orizzonte, visibile per chilometri, presenta caratteri litologici e sedimentologici abbastanza costanti in tutta la Sardegna sud-occidentale, mettendo in evidenza un cambiamento delle condizioni ambientali di deposizione.

Seguono, in successione, ritmiche alternanze di arenarie a stratificazione incrociata, e facies calcaree e/o dolomitiche, talora oolitiche a stratificazione incrociata, caratterizzate dall'abbondante presenza di frammenti fossiliferi di archeociati, trilobiti, echinodermi e brachiopodi. Nella parte superiore della Formazione di Punta Manna si riconoscono strutture da disseccamento e tappeti algali.

L'ambiente deposizionale è di tipo lagunare (Carmignani et al., 1982), e caratterizzato da un'alternanza di apporto terrigeno con la sedimentazione carbonatica e con anche il contributo di organismi provenienti dal mare aperto sempre comunque poco profondo.

Il Gruppo di Gonnesa (500-700 m) era invece conosciuto fino a qualche anno fa anche come Formazione di Gonnesa e denominato in passato il "Metallifero" (Auct.) in quanto principale sede dei giacimenti piombo-zinciferi.

Con esso terminano gli apporti marini terrigeni nella piattaforma epicontinentale cambriana che lasciano il posto ad una sedimentazione carbonatica. Le formazioni carbonatiche danno un'impronta molto suggestiva al paesaggio, dominato da rilievi arrotondati ma caratterizzati da valli piuttosto incise che danno luogo a rotture di pendio e scarpate quasi verticali. In questo gruppo sono state distinte due formazioni geologiche (Pillola, 1994) che dal basso verso l'alto sono la Formazione di Santa Barbara e la Formazione di San Giovanni.

La Formazione di Santa Barbara comprende le classiche facies della Dolomia Rigata alla base e della Dolomia Grigia alla sommità. La prima è indicativa di un ambiente di deposizione per lo più arido e caldo con

associati aree di ambiente evaporitico e periodi di emersione, questi ultimi messi in evidenza da livelli ad ossidi ed idrossidi di ferro.

LEGENDA

Formazione di Gonnesa calcari grigi cerulei massivi spesso dolomitizzati (Cambrico inferiore)

Formazione di Monte Argentu. siltiti grigie e grigio-verdastre, argilliti, con talora noduli fosfatici. (Ordoviciano superiore)

Depositi Antropici discariche minerarie (Olocene)

Litofacies del sistema di Portoscuso. Detriti di versante e brecce con subordinati depositi eoloci e alluvionali (Pleistocene superiore)

Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie (Olocene)

Figura 2 –Carta geologica

Il ritrovamento di archeociati ha consentito a Debrenne & Gandin (1985) di datare la Dolomia Rigata al Botomiano. La Dolomia Grigia, massiva ed in eteropia di facies col successivo Calcare Ceroide, rappresenta il risultato di una dolomitizzazione diagenetica di quest'ultimo.

La Formazione di San Giovanni è costituita dal Calcare Ceroide che si sovrappone o passa in eteropia di facies con le dolomie della formazione precedente. Bechstàdt et al. (1994) ritengono che la maggior parte della Formazione di San Giovanni rappresenti il risultato di una sedimentazione in un ambiente di piattaforma inondata, con un'evoluzione verso una piattaforma lagunare più profonda caratterizzata da scarse barre locali al suo interno.

Questo calcare appare interessato da intense fenomenologie carsiche che conferiscono alle aree di affioramento grande interesse dal punto di vista speleologico.

Il Gruppo di Iglesias (450 m) è composto dalla Formazione di Campo Pisano, maggiormente nota come Calcare Nodulare (Calcescisti Auct.), e dalla Formazione di Cabitza, sicuramente più famosa come Argilloscisti di Cabitza. Con la Formazione di Campo Pisano si ha la frammentazione della piattaforma cambriana ed il suo definitivo annegamento. Essa risulta caratterizzata da un contatto giaciturale netto col calcare ceroide, ed è formata da argilloscisti rossi e verdi, raramente anche neri, e da calcari grigi, rosati o nerastri, con aspetto nodulare.

La presenza abbondante di numerosi generi fossiliferi (trilobiti, echinodermi, spicole di spugne, brachiopodi etc.) è indicativa di un ambiente marino neritico non molto profondo e scarsamente ossigenato. Secondo Bechstàdt et al. (1994) si tratta di una sequenza condensata che comprende la parte più alta del Cambriano inferiore ed il Cambriano medio.

La serie cambriana si chiude con la Formazione di Cabitza che comprende nella sua parte più alta anche L'Ordoviciano basale (Tremadociano). La tipica litofacies è data dagli Argilloscisti di Cabitza formati da una caratteristica alternanza ritmica molto potente di originarie argilliti e siltiti di vario colore con subordinati livelli arenacei molto fini indicativi di una sedimentazione marina molto profonda.

Soltanto verso la base si ritrovano raramente affioramenti di lenti calcaree dal caratteristico color vinaccia o verdolino riccamente fossilifere caratterizzate da una paleofauna del Cambriano medio a trilobiti, brachiopodi, carpoidi. Il recente ritrovamento di resti fossili nella parte medio-alta di questa formazione ha dato la possibilità di documentare il Cambriano superiore e l'Ordoviciano basale.

Le formazioni cambro-ordoviciano inferiori fin qui descritte sono state soggette a deformazioni tettoniche e ad erosione prima dell'Ordoviciano superiore. Un'evidente discordanza angolare, denominata da Stille (1939) Fase Sarda, separa la sequenza litostratigrafica cambro-ordoviciana inferiore della parte superiore della Formazione di Cabitza da quella post-tremadociana.

Questa discordanza viene attribuita a "movimenti" precoci dell'Orogenesi Caledoniana (che in Europa ha avuto il massimo sviluppo nel Siluriano) ritenuti tipicamente sardi.

Al di sopra delle formazioni cambro-ordoviciane inferiori poggia in discordanza angolare la Puddinga Ordoviciana (Auct.) oggi definita da Bechstòdt et al. (1994) Formazione di Monte Argentu, potente dai 200 ai 300 m.

Si tratta di una sequenza molto caratteristica, di sedimenti clastici continentali formati alla base da un conglomerato poligenico a cemento arenaceo ematitico, dal tipico color rosso vinaccia, seguito da alternanze di arenarie, siltiti, argilliti e grovacche con lenti di macroconglomerati.

All'interno della Puddinga Martini et al. (1991) hanno distinto diverse facies deposizionali costituite da depositi di conoide alluvionale, depositi di canale, depositi di canale meandriforme, depositi di spiaggia esterna e, infine, depositi di piattaforma.

Laske et al. (1994) tuttavia precisano che gli ultimi due depositi marini clastici, presenti nella parte alta della successione, non andrebbero riferiti alla Puddinga, ma apparterrebbero piuttosto alle serie marine clastiche dell'Ordoviciano superiore.

Infatti, alla Formazione di Monte Argentu segue la Formazione di Monte Orri (Leone et al., 1991), del Caradociano, potente sequenza (100-150 m) di siltiti grigie e grigio-verdastre, argilliti, con talora noduli fosfatici, ed arenarie fini proprie di un ambiente deposizionale da costiero a marino marginale di acque basse.

Con la successiva Formazione di Portixeddu l'ambiente marino appare più schietto e caratterizzato da un'abbondante presenza di resti fossili di brachiopodi, briozoi, cistoidi, crinoidi e subordinatamente gasteropodi, bivalvi, trilobiti, cornuliti, conubaridi, tentaculiti, chitinozoi e coralli.

La Formazione di Portixeddu è formata principalmente da siltiti ed argilliti grigio-verdastre dai 50 ai 100 m di potenza; le argilliti contengono anche pirite e noduli fosfatici.

La Formazione di Domusnovas (Leone et al., 1991) è tipicamente dell'Ashgilliano ed è costituita inferiormente da siltiti arenacee ed argillose, arenarie e arenarie quarzitiche grossolane e medie con scarsi resti fossiliferi di brachiopodi, gasteropodi e briozoi.

L'Ordoviciano si chiude con la Formazione di Rio San Marco (circa 200 m) dell'Ashgilliano (Leone et al., 1991). Si tratta di strati di brecce e conglomerati con clasti di vulcaniti basiche alternati a siltiti grigie e nere ed argilliti silicee. A queste seguono ripetizioni di strati torbiditici arenaceo-pelitici caratterizzati dalla presenza di acritarchi, siltiti grigio scure molto fini, siltiti, argilliti ed arenarie molto fini con laminazioni parallele ed incrociate.

Nell'Era Mesozoica il penepiano post-ercinico venne coinvolto in un parziale annegamento da parte del mare mesozoico (Cocozzo et al., 1974) e nell'Iglesiente, benché di limitata estensione, i terreni appartenenti al Trias affiorano a Campumari (Iglesias) ed a Sa Bagattu (M.te San Giovanni). In genere questi depositi non si prestano ad una precisa datazione sia per il tipo stesso di deposito sia per il particolare contenuto fossilifero; tuttavia, è stato possibile riferire con certezza al Muschelkalk (Trias medio) i banchi di natura calcareo-dolomitica.

I terreni triassici (non oltre 50 m) poggiano direttamente sui Paleozoico ed esordiscono con depositi continentali cui seguono facies marino-lagunari ed evaporitiche del Trias medio. Cocozza & Gandin (1978) nello studio della sequenza di Campumari individuano un ambiente di piana costiera alluvionale che evolve verso un ambiente lagunare evaporitico fino a marino ristretto.

La trasgressione marina medio-triassica ha anche causato (Boni & Iannace, 1990) una dolomitizzazione secondaria del calcare cambrico (Dolomia gialla Auct.).

Dopo la deposizione dei sedimenti marini del Trias medio tutto il territorio è stato soggetto a condizioni di continentalità (emersione). In questo periodo si è sviluppato un intenso processo di carsificazione delle rocce calcaree del Gruppo di Gonnesa (paleokarst) il quale ha avuto un ruolo fondamentale nella minerogenesi paleozoica (Padalino et al., 1972).

I terreni più recenti, dopo quelli trassici. affioranti nell'area, appartengono all'Era Quaternario. Essi sono ubicati sia lungo la costa, presso le località di Portixeddu e di Funtanamare (Gonnesa), sia ad E lungo il limite col Campidano. I primi sono costituiti da depositi recenti formati principalmente da dune costiere ed accumuli di sabbie litorali, i depositi orientali sono invece esclusivamente alluvionali, prodotti dall' accumulo detritico fluviale per erosione dei non distanti rilievi paleozoici.

2.2.1 – Geologia di dettaglio

Le litofacies che affiorano nell'area di Buggerru appartengono al cambrico *"Formazione di Gonnesa"* costituita da dolomie grigie che passano, per eteropia di facies, al calcare ceroide, costituito da calcari compatti a grana fine, generalmente di colore ceruleo e privo di resti organici (Foto 1).

Il calcare ceroide, che sovrasta l'abitato si presenta, in genere, come un calcare compatto, non stratificato, e solo raramente in strati, la cui potenza varia dai 20 ai 50 cm.

Foto 1 – Calcari ceroidi che sovrastano l'area portuale

Nei giunti di tali strati sono spesso interposte lamine di sostanza argilloso-ematitica rossastra, dovute probabilmente ad infiltrazioni tardive dai soprastanti depositi ematitici.

Irregolarmente distribuito in questa formazione è presente anche il calcare grigio, mentre è altrettanto evidente una dolomitizzazione secondaria del calcare ceroide che assume, la tipica colorazione giallognola (dolomia gialla), soprattutto in coincidenza di zone intensamente fratturate e/o brecciolari (Foto 2).

Foto 2 – Calcari ceroidi con incipiente dolomitizzazione nelle zone di frattura che sovrastano la spiaggia di Buggerru

Il Quaternario, che nella carta è compreso con le discariche attuali, è rappresentato da lembi di alluvioni, antiche e recenti, e detriti di falda più o meno cementati (Foto 3).

Si può comunque distinguere un livello più antico, caratterizzato da ciottoli e frammenti, fortemente cementati da carbonato di calcio e limonite soprattutto alla base del massiccio calcareo dolomitico dove la fase diagenetica avanzata da luogo ad una formazione competente o semi-competente, con buone caratteristiche geomeccaniche .

Foto 3 – Depositi alluvionali alla base della falesia calcarea

I depositi attuali sono rappresentati da dispersioni di ciottoli e frammenti sciolti e da accumuli di sterile di miniera e frammenti e blocchi di dolomie gialle in cumuli o coperture a diretto contatto con l'arcata sabbiosa (Foto 4).

Foto 4 – Depositi eterometrici di sterili di miniera frammisti a depositi alluvionali di versante

Infine la spiaggia prospiciente l'area di intervento si affaccia nella parte meridionale di litorale che forma un ampia ansa costiera delimitata a sud dalle scogliere calcaree a falesia di Planu Sartu e a nord dalle scogliere granitiche di Capo Pecora.

In quest'ansa si affacciano due spiagge principali: a sud la spiaggia di Buggerru che si estende per circa 450 metri verso Nord, seguita da una scogliera dello sviluppo di circa 1000 m (da Il Nido dell'Aquila a San Nicolao), da questa si diparte verso nord l'ampia spiaggia di Portixeddu della lunghezza di circa 2800.

Foto 5 – Arcata sabbiosa di Buggerru

2.3 - Tettonica

Il basamento cristallino paleozoico della Sardegna deve l'impronta fondamentale all'Orogenesi Ercinica (Carmignani et al., 1992 e riferimenti) esplicatasi nel Carbonifero medio e costituisce il segmento più completo della catena ercinica sud-europea. In esso sono state distinte una Zona Esterna (Sardegna sud-occidentale), una Zona a Falde di Ricoprimento (Sardegna centrale), suddivisa in Falde Esterne e Falde Interne e, infine, una Zona delle Radici o Zona Assiale, ubicata nelle aree nord-orientali dell'Isola (Carmignani et al., 1992 e riferimenti).

In questa configurazione tettonica ercinica la Sardegna sud-occidentale costituisce la Zona Esterna. In essa Arthaud (1970) ha riconosciuto una strutturazione tipica di livelli strutturali alto-crustali, caratterizzata da deformazione e metamorfismo tali da consentire l'identificazione di deformazioni addirittura più antiche di quelle causate dall'Orogenesi Ercinica.

Sulla base degli studi svolti da numerosi ricercatori Carmignani et al. (1992 e riferimenti) hanno sintetizzato e schematizzato in quattro punti principali l'evoluzione delle deformazioni nell'Iglesiente:

1. Fase Sarda (Ciclo Caledonico): blandi piegamenti secondo assi E-O nell'intervallo Arenigiano-Caradociano (Ordoviciano).
2. Prima fase ercinica: blande pieghe E-O che accentuano le precedenti.
3. Seconda fase ercinica: deformazione principale con pieghe dirette circa N-S accompagnate da intensa foliazione molto inclinata.
4. Terza fase ercinica: modeste deformazioni con direzioni assiali variabili.

Nell'Iglesiente meridionale le strutture più evidenti che interessano i sedimenti cambriani sono costituite da grandi pieghe dirette E-O, mentre in quello nord-occidentale si hanno pieghe di varia dimensione con direzioni N-S che interessano anche i terreni dell'Ordoviciano. Nell'Iglesiente nord-occidentale l'interferenza tra questi due sistemi di pieghe ha dato luogo ad un affioramento delle rocce del Gruppo di Nebida a forma di quadrilatero che, circondato dal più recente Gruppo di Gonnesa, dà luogo al cosiddetto Anello Metallifero (Auct.).

Le deformazioni secondo assi E-O, la cui strutturazione è riferita all'intervallo di tempo compreso tra l'Ordoviciano inferiore e quello superiore, sono attribuite alla Fase Sarda (Stille, 1939) considerata un

anticipo della grande Orogenesi Caledoniana esplicatasi soprattutto nel Siluriano. L'esistenza di queste deformazioni risultano dimostrate dalla discordanza angolare esistente tra i terreni del Gruppo di Iglesias e la Puddinga Ordoviciana (Auct.), cioè la Formazione di Monte Argentu.

Le deformazioni secondo gli assi N-S.sono state le più importanti. Infatti, questa fase ha determinato i raccorciamenti maggiori con sovrascorrimenti e pieghe di ogni genere e dimensione, caratterizzate da una foliazione di piano assiale molto sviluppata.

Nell'Iglesiente occidentale la fase deformotiva N-S ha inoltre determinato lo sviluppo dei cosiddetti backthrusts. Le deformazioni compressive erciniche hanno riattivato queste faglie producendo thrusts molto inclinati vergenti verso l'esterno della catena. In sostanza, i backthrusts hanno prodotto sovrascorrimenti di formazioni geologiche più antiche su quelle più recenti come gli esempi riportati da Carmignani et al. (1992), ritenuti i più importanti, dove il Calcare Ceroide risulta sovrascorso sulla Puddinga Ordoviciana (backthrust di M.te Acqua), oppure dove il Gruppo di Nebida risulta sovrascorso sul Gruppo di Iglesias (backthrust di S. Benedetto-Baueddu-Arenas).

2.4 - Climatologia

Il clima nell'area, è di tipo mediterraneo temperato classificato come "Mediterraneo Sub-umido". E' caratterizzato dalla presenza di forti venti di maestrale particolarmente frequenti in quasi tutto l'arco dell'anno. Per la particolare posizione in cui è ubicata l'area in esame, sono spesso presenti venti che investono la zona da Nord-Ovest verso Sud-Est (maestrale) e in misura inferiore da Sud-Est verso Nord Ovest (Scirocco). Ad esse si alternano intervalli di calma totale soprattutto nei periodi estivi, accompagnati da scarsa nuvolosità e piovosità.

Per questa ragione, l'area gode di un tipico regime termico mediterraneo senza eccessi di caldo, mentre, il freddo invernale è solo in parte mitigato dall'aria proveniente dal mare. I dati anemometrici sono stati forniti dal SAR (Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna).

Dai dati della direzione ed intensità del vento relativi al periodo gennaio 1998 - Dicembre 2005 si evince che i venti predominanti nell'area di indagine sono il "maestrale" vento di NW e lo "Scirocco" vento di SE. L'azione dominante del vento potrebbe comportare, in situazioni particolari, la dispersione di polveri. Per questa ragione durante lo sviluppo degli interventi devono essere previste, in termini di prevenzione, interventi mitigativi consistenti nella irrorazione delle superfici sostanze bagnanti e filmanti da effettuare periodicamente.

Per quanto riguarda l'analisi delle precipitazioni meteoriche della zona è stata considerata la stazione di rilevamento di Masua, la più vicina rispetto all'area in esame. Si è dovuto far ricorso anche ad altre tre stazioni di rilevamento, che sono state scelte sulla base di criteri di similitudine idrologica.

I criteri considerati sono relativi ai fattori influenzanti la distribuzione delle precipitazioni, prossimità geografica, altitudine sul livello del mare, esposizione ed acclività dei versanti, analogie litologiche e geologiche. La stazione di Fluminimaggiore, dotata di un pluviografo registratore posto alla quota di 45 m s.l.m.;

La stazione di Iglesias, dotata di un pluviografo registratore posto alla quota di 193 m s.l.m.;

la stazione di Monteponi, dotata di un pluviometro posto alla quota di 190 m s.l.m..

Le tre stazioni scelte mostrano una buona analogia dei dati rilevati nei periodi 1922-1992 (Figura 3).

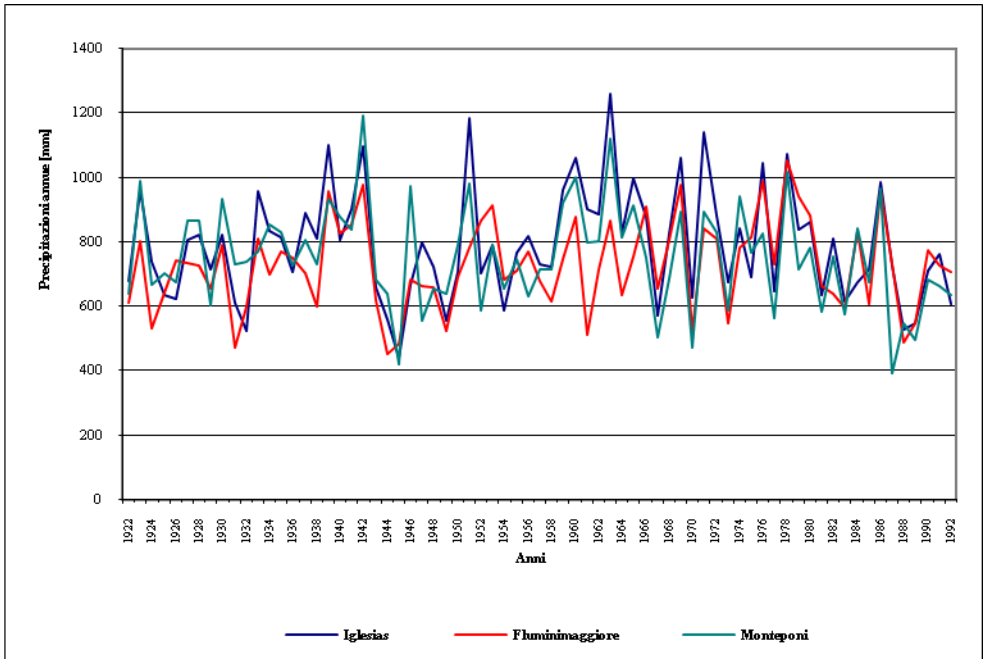

Figura 3 - Precipitazioni annue del periodo1922 - 1992 relative alle stazioni pluviometriche di Iglesias, Fluminimaggiore e Monteponi

Nell'area il periodo delle piogge dell'anno dura 9 mesi dal 1 settembre al 1 giugno con un periodo mobile di 31 giorni di almeno 13 mm. La maggior parte delle piogge cade nei 31 giorni attorno al 19 novembre con un accumulo totale medio di 53 mm.

Il periodo dell'anno senza pioggia dura da 1 giugno al 1 settembre e la quantità minore di pioggia cade attorno al 16 luglio con un accumulo medio di 2 mm.

I valori di della temperatura sono stati riassunti nella Tabella 1. Agosto è il mese più caldo dell'anno con una temperatura media di 24 °C. Gennaio è il mese più freddo con una temperatura media di 9,8 °C. Le temperature medie variano durante l'anno di 14,3 °C. Il mese più secco è luglio con 4 mm quello con maggiori precipitazioni è il mese di Novembre con una media di 100 mm.

Tabella 1 – Temperature medie rilevate nella stazione di Nebida

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Temperatura media (°C)	9.8	10.1	11.4	13.2	16.8	20.7	23.4	24.1	21.6	18	13.7	10.8
Temperatura minima (°C)	6.5	6.7	7.7	9.3	12.4	16.1	18.6	19.3	17.2	14	10.1	7.5
Temperatura massima (°C)	13.2	13.5	15.1	17.2	21.3	25.3	28.3	28.9	26.1	22	17.4	14.1
Temperatura media (°F)	49.6	50.2	52.5	55.8	62.2	69.3	74.1	75.4	70.9	64.4	56.7	51.4
Temperatura minima (°F)	43.7	44.1	45.9	48.7	54.3	61.0	65.5	66.7	63.0	57.2	50.2	45.5
Temperatura massima (°F)	55.8	56.3	59.2	63.0	70.3	77.5	82.9	84.0	79.0	71.6	63.3	57.4
Precipitazioni (mm)	75	77	59	50	31	13	4	8	40	74	100	88

2.5 - Cenni di pedologia

Dal punto di vista pedologico i suoli del territorio sono compresi in classi che includono terreni molto poveri e poco adatti alle coltivazioni per la presenza dominante di litosuoli. Più in generale si può affermare che la roccia madre influisce sensibilmente sulle caratteristiche del suolo.

Dalle rocce carbonatiche, largamente diffuse nel territorio, molto compatte e di lenta alterabilità, i suoli che ne derivano hanno una genesi particolare in quanto si formano nel residuo che si accumula per asportazione progressiva dei carbonati di calcio e di magnesio.

Un fattore che condiziona la pedogenesi dei termini calcareo-dolomitici sono le superfici fortemente inclinate e accidentate del rilievo soprattutto in mancanza di vegetazione. In questo caso i suoli sono poco profondi e con notevole componente grossolana con asportazione e perdita continua di materiali, mentre nelle litologie scistose i suoli trovano maggior sviluppo sia per il rilievo meno acclive e le forme più dolci che per la presenza più marcata della vegetazione.

Un manto vegetale più fitto e continuo si rinviene nei detriti di pendio accumulati ai piedi delle cime calcaree più alte, ove la presenza di una frazione più argillosa, sia pure frammista a granulometria calcarea più grossolana, permettono lo sviluppo delle essenze arbustive tipiche della macchia mediterranea per lunghi tratti di paesaggio.

2.6 – Idrogeologia

Rispetto al problema idrogeologico le diverse formazioni hanno un comportamento sostanzialmente differenziato che verrà di seguito evidenziato.

- Complesso terrigeno inferiore. Si identifica con la formazione di Nebida del Cambrico inferiore. A grande scala questo complesso è caratterizzato da scarsa o nulla permeabilità per porosità o fessurazione. Una limitata circolazione è legata solo alla presenza di intercalari carbonatici che fungono da setto drenante delle acque circolanti e che solo in pochi casi raggiungono portate superiore a 1 l/s.
- Complesso carbonatico antico (metallifero). Questo complesso inizia con il membro delle dolomie rigate la cui permeabilità limitata nella parte basale tende e crescere verso l'alto stratigrafico. In continuità si rileva la dolomia grigia a cui fa seguito, spesso in eteropia di facies, il calcare ceroide. Le differenti caratteristiche petrografiche dei due membri si ripercuotono sia sul comportamento geomeccanico (differente grado di fratturazione) che sul comportamento geochimico (diverso grado di carsificabilità). Così le dolomie, che hanno una tessitura più massiccia, presentano un minor grado di fratturazione, con le fratture spesso riempite da materiale residuale, rispetto ai calcari che appaiono estremamente fratturati e con una fitta rete di giunti di fatturazione. Anche il carsismo differenzia in modo netto i due membri, ancora a favore della facies calcarea.
- Complesso terrigeno superiore. É costituito dai calcari nodulari e dai sovrastanti argilloscisti cambrici e da scisti e puddinghe ordoviciane. Le caratteristiche di questo complesso sono di impermeabilità totale e l'unica possibilità di circolazione idrica é legata a strutture tettoniche che creano linee di discontinuità all'interno delle formazioni.
- Copertura recente. Si vuole intendere con questo complesso i residui lembi quaternari di sabbie marine o alluvioni arenaceo quarzose o argillose poco importanti dal punto di vista della grande circolazione idrica sotterranea che si sviluppa prioritariamente entro il complesso carbonatico.

2.6.1 – Idrogeologia di dettaglio

L'acquifero principale presente nell'area è costituito dai carbonati e dalle dolomie della formazione di Gonnesa, caratterizzata da un'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo ed è delimitato idraulicamente al letto da formazioni terrigene a bassa permeabilità costituite dalla formazione di Nebida (arenarie cambriche).

Il comparto litoide calcareo, essendo dotato di grande ricettività idrica è il principale serbatoio sotterraneo.

Nel territorio di Buggerru non sono presenti sorgenti significative, l'acquifero presente nella formazione calcarea ubicata a ridosso del centro abitato di Buggerru, ospita una falda libera e come sistematicamente

accade, gli acquiferi nei mezzi fessurati calcarei formano una unica falda freatica che raccoglie e concentra in essa tutte le acque che si infiltrano nella roccia.

Il livello piezometrico della falda in oggetto era storicamente di qualche decina di metri sopra il livello del mare.

Ciò causava di conseguenza non pochi problemi allo sviluppo dei lavori minerari in sottosuolo pertanto il livello piezometrico è stato modificato artificialmente alla fine dell'800 mediante lo scavo di una galleria di scolo denominata "Galleria Lucien".

Con lo scavo della galleria di drenaggio terminato nel 1878, il livello freatico della falda venne abbassato fino alla quota di +2,70 m s.l.m.. La galleria mineraria oltre a convogliare all'esterno le acque di miniera, veniva utilizzata per l'estrazione del minerale dai cantieri di Malfidano.

La galleria Lucien costituisce il livello di base della falda del massiccio carbonatico drenando l'acquifero richiamando e costringendo le acque scorrenti lungo il sistema di fratturazione a concentrarsi alla base della galleria di scolo per poi fuoriuscire a giorno.

Allo stato attuale il livello piezometrico della falda si è stabilizzato alla quota di +2,70 m s.l.m., mentre al di sopra di tale quota l'intero comparto carbonatico risulta anidro, compresa la porzione di roccia calcarea su cui sono addossate le discariche oggetto della bonifica.

Tale condizione impedisce la formazione di emergenze idriche lungo i versanti poiché le acque gravifiche sono interamente drenate dal suddetto livello di base.

2.7 - Idrologia

I corsi d'acqua presentano un carattere torrentizio che si manifesta solo in occasione di piogge piuttosto intense, lasciando in secca gli scolatori nel restante periodo dell'anno.

Per quanto attiene il regime piovoso, si rileva che la distribuzione degli afflussi meteorici nell'anno segue l'andamento tipico del clima mediterraneo, dunque la stagione piovosa è irregolare e variabile.

Le prime piogge dopo la siccità estiva si verificano nei mesi di settembre-ottobre, con caratteristiche di acquazzoni estivi, mentre il normale periodo piovoso si estende da novembre-dicembre ad aprile, interrotto quasi sempre da periodi asciutti che generalmente iniziano in gennaio ed hanno nel mese una breve durata, ma, che a volte, si prolungano sino a febbraio ed oltre.

Le piogge insistenti e continue sono rare ed insolite, mentre sono sempre più frequenti le precipitazioni violente ed abbondanti che in occasioni eccezionali sono capaci di provocare vere alluvioni.

L'analisi dell'idrologia del sito è circoscritta allo studio del piccolo bacino imbrifero ubicato immediatamente a monte della discarica.

Il bacino considerato è delimitato a valle da un tratto della strada provinciale Buggerru-Fluminimaggiore che si sviluppa fra le quote +48,40 m s.l.m. e +80,80 m s.l.m. e si chiude a monte alla quota +497,40 m s.l.m. costituendo un'area pressoché triangolare con una forte pendenza (Figura 4).

La rete idrografica all'interno di detta area è limitata a due scolatori dei quali il maggiore ha una lunghezza di circa 400 m e dato il loro ridotto sviluppo, non possiedono alcun toponimo.

Il tratto di strada che chiude il bacino idrografico a valle, raccoglie tutta l'acqua di corrivazione superficiale che insiste sullo stesso configurandosi dunque come un canale di guardia di protezione alla discarica.

L'acqua si concentra nella parte più depressa della strada a quota 48,40 riversandosi nel corpo discarica per mezzo di un attraversamento stradale costituito da un tubo in cls.

In condizioni di precipitazioni intense l'attraversamento stradale non è in grado di smaltire la portata, in tali condizioni l'acqua sormonta la sede stradale precipitando a cascata nel versante in modo non regimato, producendo erosione e trasporto nell'arenile sottostante dei materiali contenuti nella discarica.

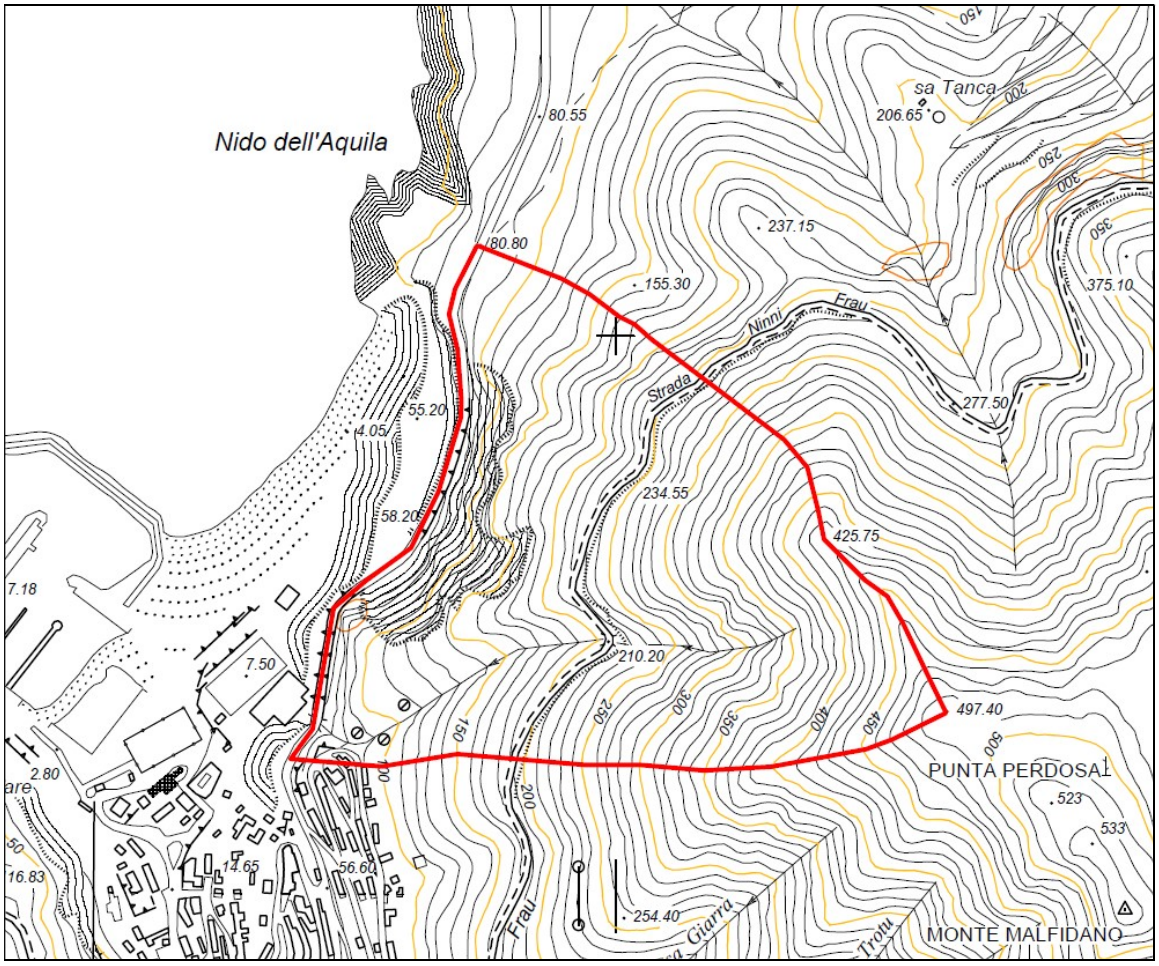

Figura 4 – Stralcio del Carta Tecnica Regionale con l'indicazione del bacino idrografico di riferimento