



**COMUNE DI SASSARI**  
Provincia di Sassari

**EURO-APPALTI SRL**  
Via Marsiglia, 158 Sassari

**Cava Monte Nurra**  
Loc. Monte Nurra

**PROGETTO DI COLTIVAZIONE E DI SISTEMAZIONE E RECUPERO AMBIENTALE  
DELLA CAVA "MONTE NURRA"**  
(art. 18 e seguenti della L.R. 30/1989)

**Relazione illustrativa dell'intervento e dei vincoli ai fini PAI**

(Art. 54 delle NTA del PAI)

Agosto 2026

*Richiedente:*

**Soc. Euro-Appalti srl**  
Via Marsiglia, 158 - Sassari

*Progettisti:*



*Dott. Geol. Salvatore Buttiglieri  
Dott. Geol. Katia Tambellini  
Dott. Geol. Miliana Pieroni*

## INDICE

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PREMESSA .....                                                                                              | 3  |
| 2. INQUADRAMENTO GENERALE .....                                                                                | 3  |
| 2.1.    UBICAZIONE TOPOGRAFICA.....                                                                            | 5  |
| 2.2.    UBICAZIONE CATASTALE.....                                                                              | 5  |
| 3. QUADRO PROGETTUALE - FINALITÀ .....                                                                         | 6  |
| 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....                                                                           | 9  |
| 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....                                                                      | 11 |
| 5.1.    ASSETTO TETTONICO.....                                                                                 | 15 |
| 5.2.    ASSETTO STRATIGRAFICO .....                                                                            | 17 |
| 5.3.    CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE E GIACIMENTOLOGICHE DEL SITO ESTRATTIVO.....                       | 22 |
| 5.4.    CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....                                                      | 22 |
| 6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....                                                             | 23 |
| 6.1.    INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....                                                                        | 23 |
| 6.2.    INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....                                                                      | 25 |
| 6.2.1.    UNITÀ E COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....                                                                | 25 |
| 6.2.2.    IDROGEOLOGIA LOCALE .....                                                                            | 27 |
| 6.3.    PERMEABILITÀ .....                                                                                     | 29 |
| 6.4.    CARSISMO.....                                                                                          | 30 |
| 7. VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA .....                                                                           | 31 |
| 8. POSSIBILI CONNESSIONI TRA IL SITO ESTRATTIVO E L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....                                 | 32 |
| 9. COERENZA DEL PROGETTO CON LE PREVISIONI E NORME DEL PAI.....                                                | 33 |
| 9.1.    PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA ..... | 33 |
| 9.2.    PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE (PGRA) .....                                                   | 40 |
| 10. CONCLUSIONI .....                                                                                          | 42 |

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustrativa è redatta, su incarico della Soc. Euro-Appalti srl, con sede in Via Marsiglia, 158, 07100 Sassari, a corredo del Progetto di coltivazione e di sistemazione con recupero ambientale della Cava "Monte Nurra", situata in Loc. Monte Nurra, nel territorio comunale di Sassari, così come illustrato in Fig. 1 seguente.

Lo studio, in ragione di quanto previsto all'Art. 54 delle NTA del PAI, è finalizzato ad un'analisi delle possibili interferenze del progetto in questione con la pericolosità idraulica e da frana, oltretutto col reticolo idrografico regionale, ai fini del PAI vigente.

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE

La Cava Monte Nurra ricade nel territorio comunale di Sassari, a circa 15 Km ad Ovest del capoluogo, così come illustrato nell'inquadramento corografico di Fig. 1 seguente.

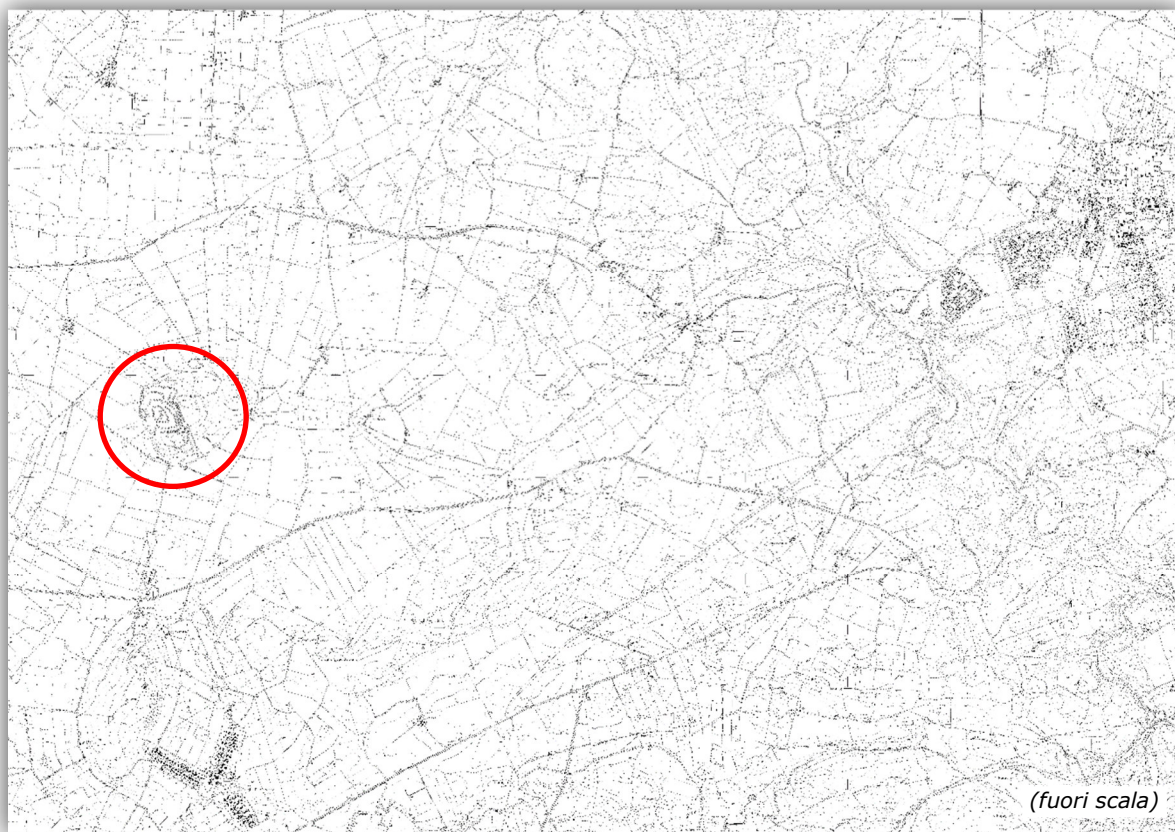


Fig. 1 - Corografia generale (stralcio CTR 10K n.459050)

L'area è localizzata nella parte nord-occidentale della Sardegna nella regione storica della "Nurra", e nel quadrilatero compreso fra Alghero, Sassari, Porto Torres e Stintino in cui ricadono i comuni di Sassari (perimetrato in rosso nelle immagini satellitari riportate in Fig. 2 a pagina seguente), Olmedo e Stintino.

Il sito estrattivo in oggetto è localizzato sul versante sud-occidentale del Monte Nurra ed occupa una superficie totale di 49,3 Ha; si tratta di una cava pedemontana e culminale esposta verso Sud Ovest che si sviluppa tra quota 40 e circa 122 m. s.l.m. con la coltivazione che procede a cielo aperto ed è impostata su litologie carbonatiche, che caratterizzano tutti i rilievi circostanti dove sono visibili in locali affioramenti che ne riflettono la giacitura prevalente.

Attualmente le quote interessate dalla coltivazione sono comprese fra +40 e +122 m s.l.m. ed occupano il versante Sud-Ovest del rilievo denominato Monte Nurra.

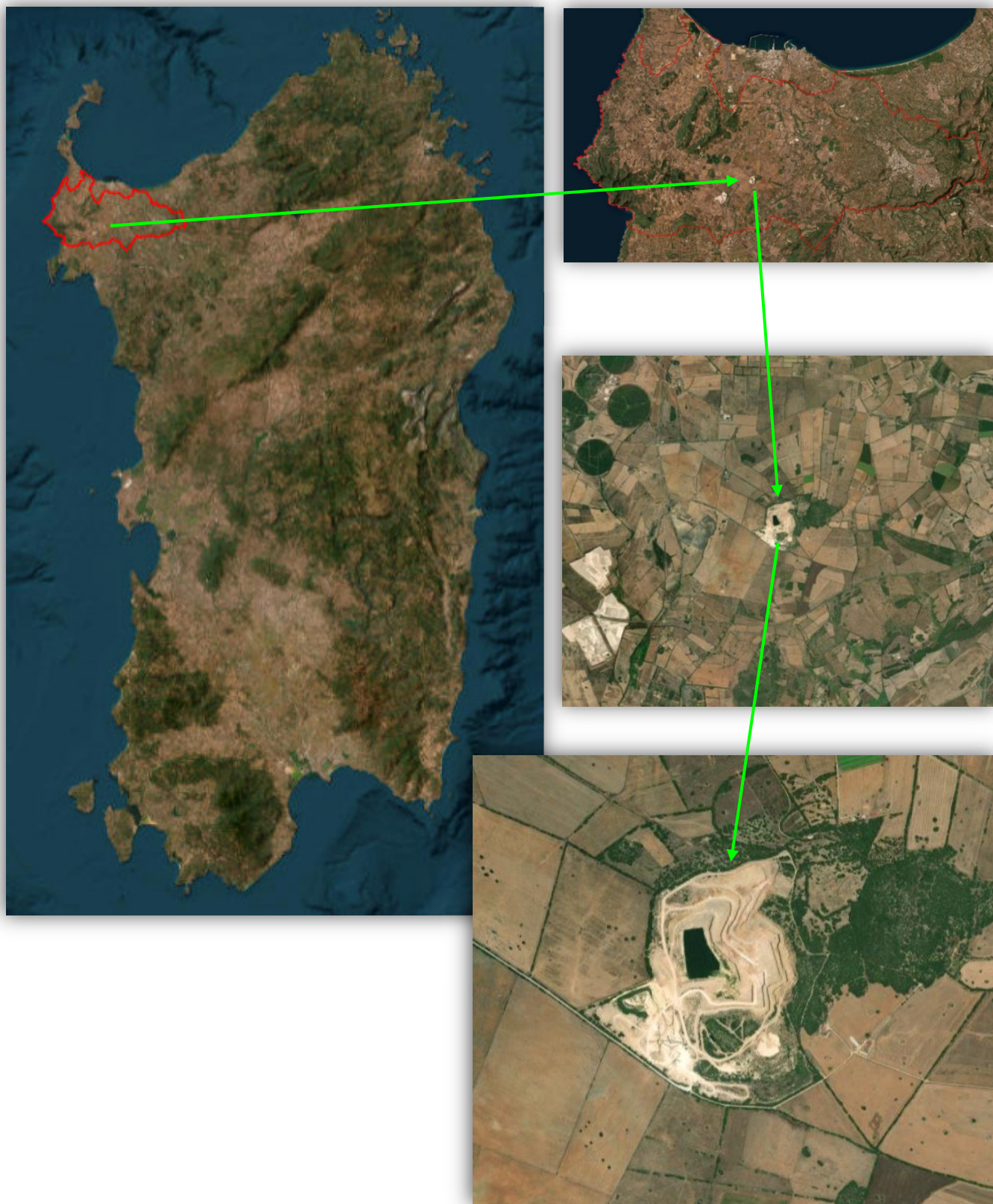


Fig. 2 – Immagine satellitare della Sardegna con indicazione del territorio comunale di Sassari (in rosso) e della Cava Monte Nurra

## 2.1. UBICAZIONE TOPOGRAFICA

Il sito estrattivo dal punto di vista cartografico ricade:

- Carta topografica d'Italia (IGMI) scala 1:50.000 Foglio 549 Sassari
- Carta topografica d'Italia (IGMI) scala 1:25000 Foglio 459 Sez IV La Crucca - Foglio N° 557 sezione IV "San Sperate"
- Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10000 risulta al Foglio 549050 "Monte Nurra"; Coordinate centro cava Gauss-Boaga:  $x=1445368.79$  e  $Y=4507577.39$

## 2.2. UBICAZIONE CATASTALE

Come riportato nell'inquadramento di Fig. 3 seguente, nel catasto Comunale di Sassari l'area in disponibilità (in rosso), in cui ricade la cava in oggetto, è inserita nel Foglio n.79, ed interessa le particelle 35, 36, 46, 49, 50, 51, 90, 91, 92, 93, 94, 95 e 97.

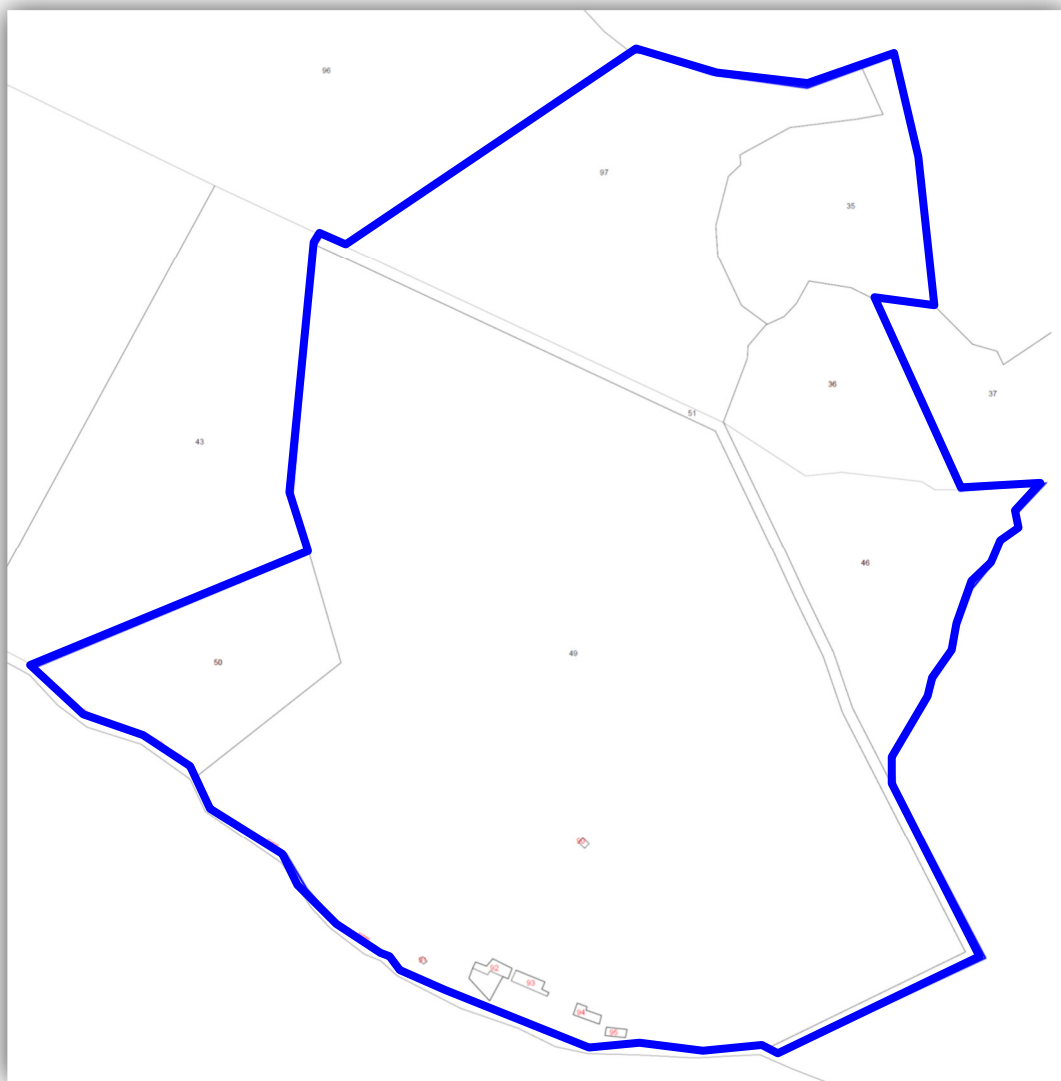


Fig. 3 - Inquadramento catastale (stralcio del Foglio n.79 del Comune di Sassari)

### 3. QUADRO PROGETTUALE - FINALITÀ

Vengono di seguito descritte le operazioni previste dal nuovo progetto di coltivazione nella cava Monte Nurra.

Il nuovo piano di coltivazione prevede l'escavazione di **6.800.000 mc** di materiale calcareo in 15 anni di attività di cui 14,5 per lavori di scavo e contestuale ripristino delle aree già coltivate e circa 6 mesi per il completamento delle opere di sistemazione e recupero ambientale finali.

Il nuovo piano di coltivazione prevede la ripresa dell'escavazione dall'alto a partire dall'area in ampliamento per andare poi a riprendere i gradoni realizzati dalle coltivazioni pregresse attraverso il metodo di coltivazione per "Splateamento su gradoni multipli".

Dalle quote superiori di coltivazione l'escavazione si sposta infatti, gradatamente, verso le quote più basse col vantaggio di permettere un progressivo recupero/ripristino dei gradoni superiori una volta conclusi.

All'interno del sito estrattivo il giacimento utile fa parte di una sequenza litologica carbonatica disposta in strati e banchi.

Per quanto riguarda il metodo di coltivazione, il presente progetto lascia inalterato il sistema di abbattimento della roccia e di trasporto del materiale previsti dal precedente piano di coltivazione; restano inalterati anche i sistemi e gli impianti impiegati per la prima lavorazione del materiale estratto.

In sintesi il piano di coltivazione in oggetto prevede lo svolgimento delle seguenti attività principali:

a) **interventi preliminari** (disboscamento e rimozione del terreno vegetale di copertura)

Visto che il nuovo piano di coltivazione prevede di ampliare l'escavazione in aree vergini a seguito dell'arretramento dei fronti, all'inizio dell'attività di cava (inizio *prima fase* di progetto) è prevista in queste aree una fase preparatoria che prevede interventi propedeutici all'escavazione vera e propria. Si procederà quindi col disboscamento dell'area e la successiva rimozione e stoccaggio temporaneo del terreno vegetale di copertura (lavori di scoperchiatura).

Disboscamento

Il disboscamento riguarda solo le aree oggetto di ampliamento coperte da vegetazione situate nel settore orientale e meridionale del sito estrattivo; si tratta di un lavoro di preparazione previsto nella prima fase del progetto e consiste nel taglio della vegetazione e estirpazione delle ceppaie. La superficie interessata dal disboscamento è di circa 39.800 mq.

Rimozione del terreno vegetale di copertura

Nella prima fase dei lavori, completato il disboscamento nelle aree oggetto di ampliamento coperte da vegetazione, si procede con la rimozione del terreno vegetale di copertura che viene trasportato e accumulato, mediante pala gommata e/o escavatore cingolato, in apposita area di deposito temporaneo situata nel settore Sud-occidentale del sito a ovest dell'impianto di prima lavorazione (indicata nelle planimetrie di progetto come "area di stoccaggio terreno vegetale di copertura")

Il terreno vegetale stoccato temporaneamente in quest'area sarà poi reimpiegato negli interventi di sistemazione e recupero ambientale sulle aree che saranno oggetto di recupero.

b) **escavazione della roccia calcarea**

Il nuovo piano di coltivazione prevede la ripresa dell'escavazione dall'alto a partire dall'area in ampliamento per andare poi a riprendere i gradoni realizzati dalle coltivazioni pregresse attraverso il metodo di coltivazione per "Splateamento su gradoni multipli". La coltivazione procede dall'alto verso il basso attraverso splateamenti successivi per trincee orizzontali discendenti mettendo in produzione una sola platea per volta e formando così dei gradoni in successione disposti ad anfiteatro. Dalle quote superiori di coltivazione l'escavazione si sposterà infatti, gradatamente, verso le quote più basse col vantaggio di permettere un progressivo recupero/ripristino dei gradoni superiori una volta conclusi che avviene contestualmente alla coltivazione.

Per quanto riguarda l'abbattimento al monte dell'ammasso roccioso, questo è effettuato attraverso l'uso di esplosivo e, quando necessario, di martello idraulico che consente il ridimensionamento dei blocchi abbattuti d'eccessiva misura.

Il sistema di lavorazione adottato in cava si articola in sintesi nelle seguenti fasi operative:

- la perforazione dei fori per la preparazione della "volata";
- l'abbattimento della roccia calcarea mediante l'impiego di materie esplodenti;
- il ridimensionamento dei blocchi d'eccessiva misura per l'impianto di frantumazione, eseguito con martello idraulico montato su escavatore cingolato;
- il carico tramite escavatore cingolato ed il trasporto su Dumpers del materiale abbattuto sino all'impianto di prima lavorazione presente all'interno del sito a valle dell'area in escavazione. Una minima percentuale di materiale abbattuto a grossa pezzatura (massi/blocchi) viene commercializzato tal quale senza passare per l'impianto di lavorazione;
- lavorazione del materiale estratto nell'impianto di Prima lavorazione

Brillata la volata, come operazione d'abbattimento secondario può essere successivamente necessario un disgaggio del fronte, per eventuale presenza di blocchi instabili.

Poiché le volate di produzione sono sempre dimensionate in modo da ottenere una pezzatura povera di fini, si ha normalmente una certa produzione di blocchi di dimensioni superiori a quelle accettabili dall'impianto di prima lavorazione. Tali blocchi sono periodicamente frantumati con martello idraulico montato su escavatore cingolato. Una minima percentuale pari circa allo 0,3% viene commercializzata tal quale senza passare per l'impianto di lavorazione.

Vista la grossa richiesta di mercato e le basse volumetrie prodotte, questo materiale una volta abbattuto e accumulato ai piedi del gradone, è subito caricato sui mezzi e condotto a vendita. Non è previsto lo stoccaggio.

Il materiale abbattuto ed eventualmente frantumato (se a grossa pezzatura) accumulatosi al piede del gradone viene invece caricato con escavatori cingolati e trasportato con Dumpers all'impianto di prima lavorazione. Non sono previste aree di stoccaggio temporaneo per questo materiale che rimane in banco fino ad esaurimento.

#### c) **Prima lavorazione del materiale estratto**

Nell'impianto di lavorazione, installato sul piazzale di quota 65 m.s.l.m. (area impianti) a destra del cancello d'ingresso ed a valle dell'area in coltivazione, il materiale subisce diversi trattamenti (frantumazione, macinazione, lavaggio, vagliatura, e selezione) sempre per via meccanica e umida, al fine di ottenere inerti calcarei distinti tra loro solo per classi granulometriche da commercializzare come materiali per costruzioni di opere civili.

L'impianto lavora a ciclo continuo per otto ore giornaliere con una capacità giornaliera di trattamento pari circa a 1.870 mc di misto di volata al giorno.

Se consideriamo 250 giorni lavorativi all'anno abbiamo un volume annuo di prodotto finito pari a circa 467.500 mc; considerando che il piano di coltivazione avrà una durata di 15 anni, con gli ultimi sei mesi dedicati alla sistemazione e recupero ambientale, il volume totale di materiale prodotto previsto è di 6.778.750 mc.

I prodotti finiti in uscita dall'impianto, stoccati in cumuli a diversa granulometria nei punti di uscita, sono generalmente caricati sui camion mediante pala gommata e subito avviati alla commercializzazione direttamente sul piazzale impianti. Nel caso che il materiale non venga subito condotto a vendita viene stoccato temporaneamente, in cumuli distinti per classi granulometriche, sulla porzione dedicata di superficie pari a circa 8060 mq. (indicata nelle planimetrie di progetto come area stoccaggio materiale da commercializzare) del piazzale di quota 68 m slm che si trova immediatamente ad ovest dell'impianto di prima lavorazione. Vista la grossa richiesta di mercato i tempi di stoccaggio del materiale da commercializzare sono di pochi giorni.

Come già esposto, in una porzione dedicata del piazzale di quota 68 m slm (indicata nelle planimetrie di progetto come area stoccaggio terreno vegetale di copertura) viene accumulato anche il terreno vegetale di copertura, rimosso dall'area oggetto di ampliamento nella fase preliminare e che verrà man mano utilizzato per gli interventi di sistemazione e recupero ambientale

del sito fino ad esaurimento. La volumetria mancante verrà acquistata.

L'impianto di lavorazione, di proprietà della Euro-Appalti S.r.l., titolare della Cava di Monte Nurra, è suddiviso in: Impianto di frantumazione e vagliatura primaria, impianto di macinazione e vagliatura secondaria, impianto di macinazione terziaria, impianto di lavaggio-vagliatura terziaria e impianto di produzione sabbie. L'impianto lavora in condizione umida: nell'impianto di frantumazione primaria viene impiegata acqua per la depolverizzazione del materiale mentre in quelli di frantumazione secondaria e terziaria viene invece utilizzata per i processi di classificazione.

L'acqua di lavaggio (acque di lavorazione) contenente le particelle di fine in sospensione viene successivamente trattata in un idrociclone (ciclone classificatore) al fine di separare la fase liquida dalla fase solida (limi e finissimi).

Le acque che fuoriescono dall'idrociclone vengono quindi convogliate, come acque torbide, con un sistema di tubazioni ad un bacino di decantazione (di superficie pari a 2.090 mq) situato immediatamente a ovest dell'area impianti (vedi tavole di progetto) realizzato per consentire il recupero dell'acqua utilizzata nell'impianto e dove avviene la sedimentazione della porzione solida. Il bacino, opportunamente impermeabilizzato, viene periodicamente svuotato dei fanghi depositati sul fondo, ripulito e gestito in maniera adeguata al fine di garantirne la stabilità fisica e prevenire contemporaneamente l'inquinamento o la contaminazione del suolo e delle acque di falda.

L'acqua torbida (per la presenza dei finissimi) immessa nel bacino, muovendosi lungo un percorso naturale di circa 350 m si libera delle particelle in essa sospese che sedimentano per gravità. Le acque, una volta chiarificate a seguito della sedimentazione della porzione solida, vengono convogliate in un vascone, della capacità di 650 mc, situato sul rilievo ad est dell'impianto (quota 90 m slm) per essere reimpiegate nel ciclo produttivo.

Poiché la sedimentazione delle particelle fini è totalmente naturale, senza l'impiego di sostanze chimiche, i fanghi che depositano sul fondo possono essere commercializzati.

Il recupero dei fanghi con pala meccanica viene effettuato, due volte l'anno, solitamente nei periodi in cui l'impianto è fermo, al fine di consentire una miglior decantazione delle particelle in sospensione. Una volta estratti, i fanghi vengono stoccati provvisoriamente sui bordi del bacino (area di stoccaggio di superficie pari a circa 1 ha) dove vengono lasciati essiccare; una volta essiccati gli inerti disidratati che ne derivano ("sterili" ai sensi dell'art.3 comma1 lettera I) del D.Lgs 117/2008) sono caricati sui dumpers, trasportati e temporaneamente stoccati in due apposite aree di accumulo temporaneo distinte in base alla destinazione finale del materiale.

I fanghi disidratati vengono infatti per buona parte commercializzati, la volumetria residua pari circa 32% viene utilizzata all'interno del sito per gli interventi di recupero/ripristino morfologico a colmamento parziale dei vuoti di estrazione. Ad ovest dell'impianto di lavorazione si trovano due piazzali adibiti allo stoccaggio temporaneo del materiale: sulla porzione dedicata del piazzale di quota 68 m slm. (indicato nelle planimetrie di progetto come area di stoccaggio materiali da commercializzare) vengono stoccati i fanghi da commercializzare mentre sul piazzale di quota compresa tra 74 e 78 m slm, situato immediatamente a valle dell'area in coltivazione (indicato nelle planimetrie di progetto come area di stoccaggio fanghi disidratati-struttura di deposito rifiuti di estrazione), quelli reimpiegati nel sito per il recupero/ripristino morfologico a colmamento dei vuoti di estrazione.

Generalmente i tempi massimi di stoccaggio della volumetria da commercializzare è di alcuni mesi.

Per l'attuazione del presente progetto non si prevedono modifiche per quanto riguarda i macchinari e le attrezzature utilizzati e ad oggi già presenti in cava di proprietà della Euro-appalti SRL e che sono di seguito indicati:

- DUMPER KOMATSU HD 405-6
- ESCAVATORE CINGOLATO HITACHI 490 LCH-7
- ESCAVATORE CINGOLATO CATERPILLAR 345 D
- PALA CARICATRICE GOMMATA CATERPILLAR 966
- PALA CARICATRICE GOMMATA HITACHI W270
- PERFORATRICE ROC D7 ATLAS COPCO

La Società Euro-Appalti S.r.l., si avvale anche di mezzi della flotta noleggio CGT, ecc.

|                                                                                 |  |                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|
| <p>Relazione illustrativa<br/>dell'intervento e dei vincoli ai fini<br/>PAI</p> |  | <p>PAGINA</p> <p>9 di/of 42</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|

La manutenzione dei mezzi avverrà nell'officina (usata anche come ricovero attrezzi e mezzi) situata nell'area servizi di fianco agli uffici-ricovero addetti-mensa.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area del sito in esame è situata nella regione dei rilievi del nord-ovest denominata la Nurra; si tratta di un'ampia area in gran parte pianeggiante dove comunque spiccano, in corrispondenza di rocce metamorfiche, rilievi piuttosto aspri e, laddove predominano le litologie di composizione calcarea, i rilievi assumono una morfologia collinare tipica con versanti a blanda pendenza.

Nel complesso, sui terreni più erodibili le valli si ampliano ad originare un paesaggio collinare con versanti più dolci e piccoli dossi isolati. I rilievi assumono una conformazione caratteristica disponendosi paralleli, in due o in tre file, alla linea di costa.

La parte centrale della Nurra si presenta quasi del tutto pianeggiante nella quale la monotonia del paesaggio è rotta dai rilievi modellati sui depositi carbonatici del Giurassico e del Cretaceo, variamente fratturati per l'azione tettonica dell'orogenesi ercinica. Tra questi spiccano i monti Doglia (437 m), Timidone (362 m), Santa Giusta (251 m) e Rudeddu (172 m) formati da alti tettonici mentre i monti Nurra (142 m), Alvaro (342 m), Zirra (215 m), Uccari (124 m) e Elva (113m) rappresenta dei rilievi relitti modellati dall'erosione continentale.

Ad ovest, il paesaggio è modellato sugli scisti, con altitudini modeste, e sulle quarziti paleozoiche, dove i rilievi si presentano con versanti più accidentati e con quote maggiori.

A sud, nella parte di territorio che va dalle zone interne alla costa, si estende una modesta dorsale costiera costituita da vulcaniti oligo-mioceniche, dove il paesaggio risente di una profonda erosione selettiva per la differente azione sviluppata dagli agenti della dinamica esogena sui tufi e sulle trachiti.

Ad est queste pianure terminano sulle forme scoscese dei calcari del cretaceo e del giurassico e delle trachiti.

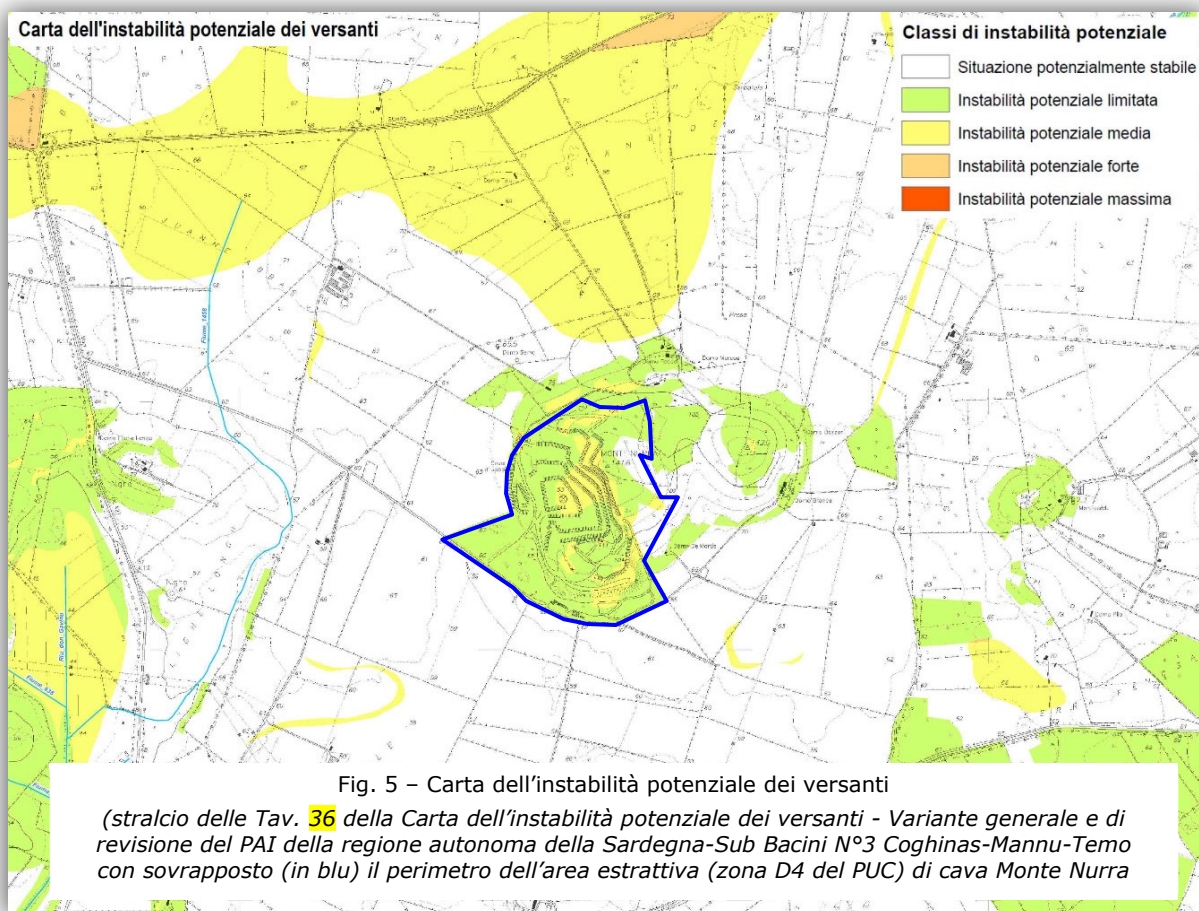
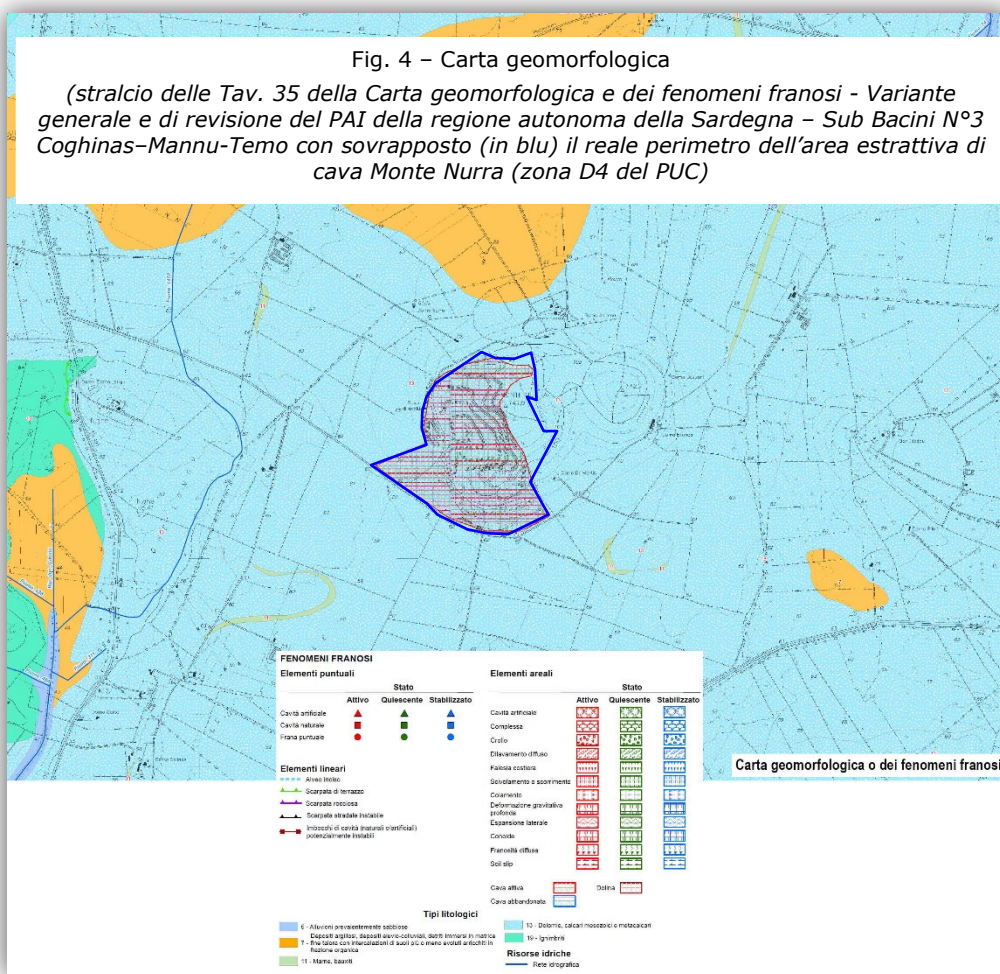
A nord prosegue la pianura che arriva fino alla costa su cui si ergono alcuni rilievi costituiti dai calcari del giurassico.

Relativamente all'area di cava in esame, si vuole comunque specificare che in realtà l'area estrattiva è quella delimitata dalla perimetrazione in blu nelle figure seguenti (zona D4 del PUC); questa è collocata in corrispondenza del Monte Nurra, un rilievo residuale isolato alto 142 m slm e modellato sui litotipi calcarei. Esso probabilmente faceva parte di antiche isole rimaste in emersione durante l'ultima glaciazione quaternaria dell'area. Il rilievo è circondato da una morfologia pressoché pianeggiante o leggermente ondulata con piccoli rilievi cupoliformi. In quest'area sono presenti infatti una serie di collinette isolate, impostate su litologie carbonatiche come il M. Siareddu (148 m slm), M. Reposu (125 slm) e il M. Uccari (123 m).

Dall'analisi di Fig. 4 di pagina seguente, estratto della *"carta geomorfologica e dei fenomeni franosi della variante al PAI Sardegna"* si evince infatti che la cava Monte Nurra (qui identificata come cava attiva con la retinatura in rosso) non è soggetta a processi morfologici o dissesti in atto e potenziali che possono interferire con l'attività di escavazione.

Anche dall'analisi Fig. 5, estratta dalla *"carta dell'instabilità potenziale dei versanti"* della variante al PAI, si evince come l'area di cava presenti in generale un *"instabilità potenziale limitata"* salvo alcune aree corrispondenti ai gradoni più acclivi a *"instabilità potenziale Media"*.

Comunque, allo stato attuale, dai sopralluoghi effettuati in sito non si ha evidenza di fenomeni franosi in atto o potenziali.



## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Sardegna è divisa in tre complessi geologici principali: il basamento metamorfico ercinico, il complesso intrusivo tardo-ercinico, le coperture sedimentarie e vulcaniche tardo-erciniche, Mesozoiche e cenozoiche (Fig. 6).

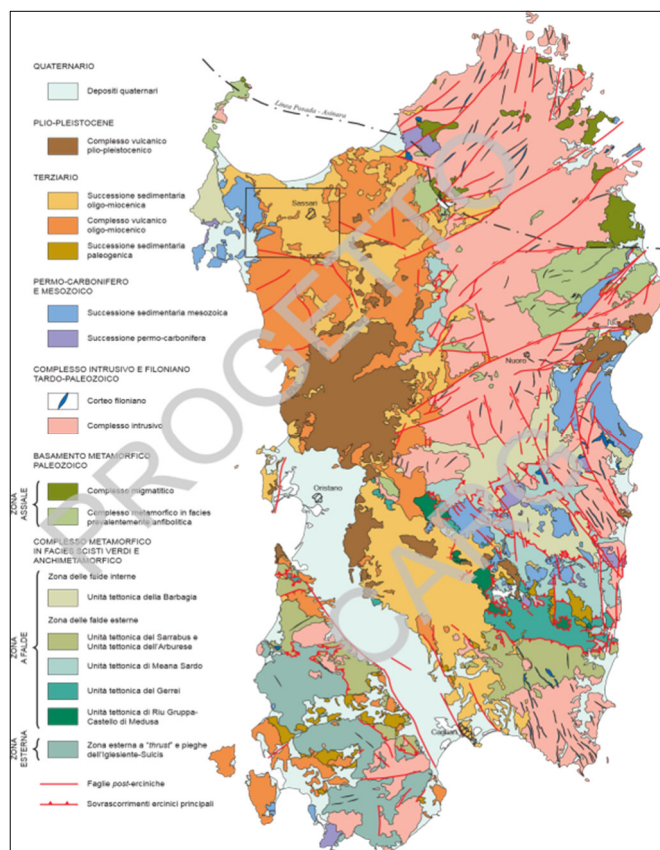


Fig. 6 - Schema strutturale della Sardegna. Il rettangolo indica l'ubicazione del Foglio 459 "Sassari".  
Da PROGEMISA S.P.A., 2009

### BASAMENTO METAMORFICO

Il basamento sardo è un segmento della catena ercinica Sud-europea considerata una catena collisionale, con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano e il Carbonifero (MATTE, 1986; CARMIGNANI *et alii*, 1994b).

Nel tardo-ercinico si verifica il collasso gravitativo della catena con rilascio termico (metamorfismo di alto T/P) e la messa in posto dei plutoni che formano il Batolite Sardo-corso.

Dopo l'Orogenesi ercinica il Blocco sardo-corso non è stato coinvolto in eventi orogenici di qualche rilevanza; le deformazioni più importanti sono di carattere trascorrente e si manifestano tra l'Oligocene ed il Miocene.

La Sardegna Settentrionale ed in particolare la regione della Nurra è ben rappresentata nel Foglio 459 "Sassari" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 realizzato nell'ambito del Progetto CARG.

In tale foglio è compreso buona parte del bacino cenozoico noto come "Fossa di Sassari", e gli alti strutturali che lo delimitano sia ad Est che a Ovest. La fossa di Sassari è un Semi-*graben* le cui successioni silicoclastiche e carbonatiche poggiano in *sovrapposizione* su terreni vulcanici oligomiocenici e carbonatici mesozoici a Ovest, mentre ad Est si interrompono contro faglie dirette che hanno sollevato le vulcaniti oligomioceniche (OGGIANO *et alii*, 1987; FUNEDDA *et alii*, 2000).

La storia geologica della Nurra, evidenzia un lungo lasso di tempo in cui tale zona è stata interessata

dalle vicende geologiche, abbracciando il periodo che va dal Paleozoico fino al Quaternario; in questa regione, infatti, sono rappresentati quasi tutti i periodi geologici, con formazioni sia marine sia continentali, interessate da stili tettonici differenti che hanno dato luogo ad una varietà di strutture morfologiche di grande interesse.

In quest'area la successione stratigrafica parte dal Mesozoico, con successioni appartenenti alla piattaforma, costituita prevalentemente da calcari e da dolomie che danno luogo a rilievi calcarei più o meno isolati.

I depositi più diffusi, riferiti al Terziario, sono rappresentati da vulcaniti (lave andesitiche alternate a flussi piroclastici) e da sedimenti clastici e carbonatici (facies sedimentarie di ambiente transizionale e marino) a cui seguono i depositi del Plio-Quaternari in prevalenza clastici con differenti facies deposizionali principalmente di ambiente continentale.

I rilievi calcarei, che si estendono da quote variabili tra i 20 e i 60 metri, mostrando una forma tabulare, derivano dalla successiva erosione marina e continentale risalente al Terziario.

Seppur i sedimenti del Triassico risultino molto potenti, il deposito più rappresentativo è senza dubbio il Giurassico sia per potenza dei sedimenti che per estensione areale degli affioramenti.

Il Giurassico medio, ad esempio, è rappresentato da banchi calcarei con una potenza di 300 metri.

Le dolomie, che sono rappresentative di circa il 50% delle formazioni, caratterizzano il Giurassico superiore con potenze degli strati complessivi di 150-300 metri.

Il Cretaceo è invece poco rappresentato e meno presente.

#### COPERTURE MESOZOICHE E LORO QUADRO GEODINAMICO

Le coperture mesozoiche della Sardegna comprendono le formazioni triassiche, trasgressive sulla Catena ercinica, e le successioni del Margine continentale Sud-europeo instauratosi a partire dal Giurassico medio. Nella Nurra la successione trasgressiva triassica è caratterizzata da "facies germaniche". Sui depositi continentali (Buntsandstein) poggia una successione carbonatica di ambiente neritico (Muschelkalk) seguita da sedimenti di ambiente evaporitico (Keuper).

Le successioni giurassiche e cretache nella Sardegna orientale sono rappresentate da potenti spessori di sedimenti calcareodolomitici di piattaforma. Sebbene non si possano escludere episodi emersivi o di non deposizione, tra il Triassico e il Cretaceo inferiore, l'unica emersione della piattaforma carbonatica, documentata da un'importante lacuna stratigrafica e da un'importante discordanza angolare, è quella relativa al Cretaceo medio marcata da un orizzonte bauxitico presente in Nurra.

Alla fine del Cretaceo superiore, una generale e definitiva emersione ("fase laramica" CHERCHI & TR MOLIÈRES, 1984) interessa tutta l'isola.

#### COPERTURE TERZIARIE E LORO QUADRO GEODINAMICO

Con l'inizio dell'Eocene si ha una nuova trasgressione marina che ristabilisce in tutta l'isola condizioni di continentalità che perdurano fino a tutto l'Oligocene anche preceduta da movimenti tettonici. Da un punto di vista tettonico, questo intervallo di tempo è caratterizzato da una relativa stabilità marcata anche dalla totale assenza di attività vulcanica fino all'Oligocene superiore.

Nel Foglio *Sassari* le coperture terziarie sono rappresentate dalle vulcaniti del ciclo calcalcalino oligo-miocenico e dai depositi, sia terrigeni sia carbonatici, marini e continentali, del Miocene medio-superiore.

Nell'Oligocene superiore - Miocene inferiore, il Blocco sardo-corso subisce gli effetti attenuati della collisione tra il Margine Sud-europeo e la Placca Apula che portano allo sviluppo della catena appenninica, di cui il Blocco sardo-corso rappresenta il retropaese (PRINCIPI & TREVES, 1984; CARMIGNANI et alii, 1994a; 1995).

Nella Sardegna centro-settentrionale, è attiva un'importante tettonica trascorrente di età Oligocene superiore - Aquitaniano (PASCI, 1997) espressa con faglie a rigetti plurichilometrici. A queste faglie trascorrenti sono associate sia zone di transpressione, sia zone di transtensione; a queste ultime si associano bacini di pull-apart con potenti depositi continentali dell'Oligocene superiore - Aquitaniano, coevi con un'importante attività vulcanica (OGGIANO et alii, 1995) (Fig. 7).

Durante il Burdigaliano-Langhiano, contemporaneamente alla rotazione del Blocco Sardo-corso e all'apertura del Bacino balearico e del Tirreno Settentrionale, una fase estensionale sviluppa, tra il Golfo di

Cagliari e quello dell'Asinara, un sistema di fosse colmate da notevoli spessori di sedimenti prevalentemente marini e da vulcaniti calcalcaline. Sia la tettonica trascorrente che quella distensiva sono accompagnate dal vulcanismo oligo-miocenico sardo, che rappresenta uno degli eventi geologici terziari più importanti del Mediterraneo occidentale.

#### VULCANISMO CALCALCALINO IN SARDEGNA E SUO QUADRO GEODINAMICO

Il Blocco sardo-corso rappresenta un arco magmatico residuo, generatosi in seguito a subduzione di crosta oceanica con trasporto a NO ed all'apertura di un bacino di retroarco (Bacino ligure-provenzale) con conseguente rotazione del Blocco stesso. Durante l'Oligocene la Sardegna rimase in condizioni di prevalente continentalità, con l'inizio delle prime manifestazioni vulcaniche ad affinità calcalcalina che si prolungarono fino al Miocene medio. I prodotti di questo vulcanismo sono concentrati soprattutto lungo la fascia occidentale.

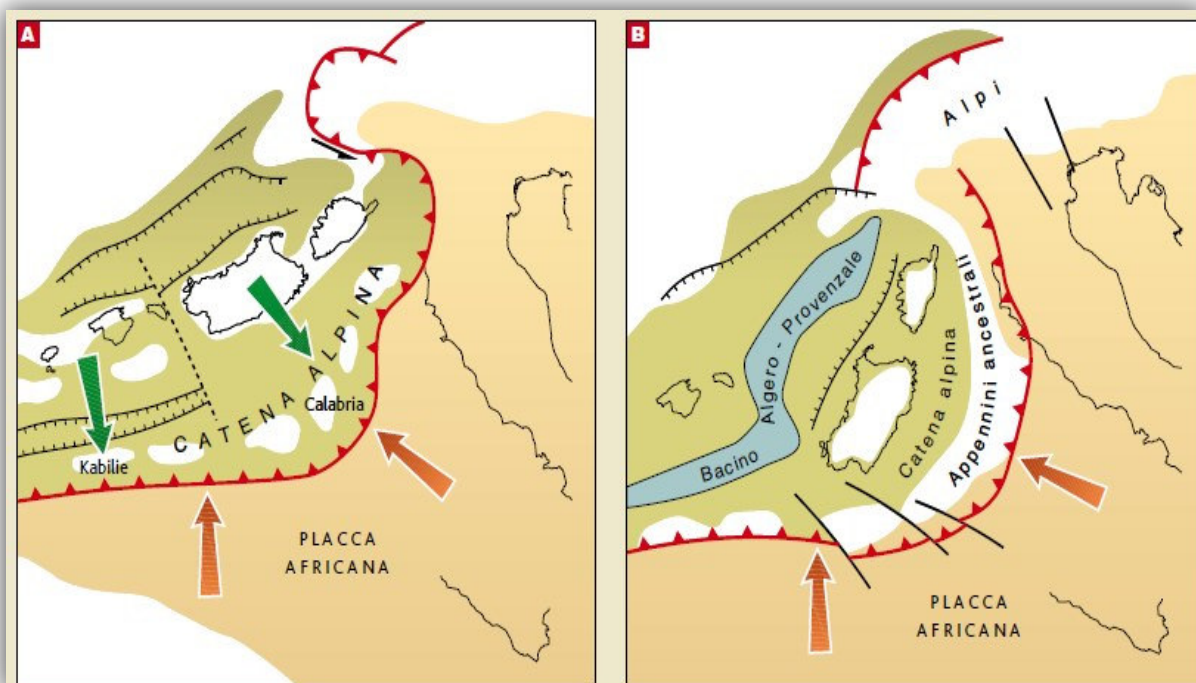


Fig. 7 - Schema dei momenti diversi della rotazione del blocco Sardo-Corso

#### SUCCESSIONI SEDIMENTARIE DEL NORD SARDEGNA

##### **Mesozoico**

La Nurra mesozoica rappresenta un esempio di piattaforma carbonatica sottoposta ad oscillazioni eustatiche e a fasi tettoniche distensive, che hanno favorito l'ingressione di mari epicontinentali alternati a fasi subaeree con l'instaurarsi di bacini estensionali e la loro colmata, innescando processi erosivi e la deposizione di flussi silicoclastici e depositi pedogenetici (bauxite).

La tettonica distensiva ha dapprima interessato il settore occidentale della Sardegna (dalla Nurra al Sulcis) favorendo l'ingressione del mare mesotriassico (carbonati in facies di Muschelkalk) e di quello liassico lungo una linea strutturale N-S.

Le successioni carbonatiche della Nurra poggiano generalmente sui depositi continentali permo-triassici, e debuttano con carbonati meso-triassici in facies di Muschelkalk, che talora poggiano direttamente sul basamento metamorfico.

Si tratta di una successione che comprende dolomie e subordinatamente dolomie cariate con lenti di marne gessose, seguite da calcari scuri, marne e calcari marnosi a lamellibranchi, cefalopodi,

brachiopodi e crinoidi. La successione è ripartita in due unità dolomitiche e due unità calcaree in alternanza.

Il *Keuper* è rappresentato in Sardegna da dolomie cariate, calcari dolomitici con argille verdi, marne e livelli di gesso; nella successione della Nurra, è possibile distinguere comunque due unità: un'unità inferiore (Carnico) è caratterizzata da argilliti gessose fortemente piegate, con cristalli idiomorfi di quarzo, e da dolomie cariate e un l'unità superiore (Hettangiano) è costituita da dolomie grigie, talora brecciate, con intercalazioni di shale rossastre o verdastre.

La successione giurassica della Nurra è riassunta in tre formazioni:

- formazione di Monte Zirra;
- formazione di Gamba di Moro;
- formazione di Punta Cristallo.

I depositi del Cretacico superiore affiorano diffusamente in Nurra. La successione è sempre discordante su un substrato diacrono di età compresa tra il Triassico e l'Aptiano inferiore. La superficie di discordanza è localmente marcata da un orizzonte bauxitico, riconducibile ad una generale emersione e ad un'importante lacuna stratigrafica, riconosciuta in tutta la Sardegna oltrechè nel Dominio pirenaico-provenzale. Successivamente l'ampia trasgressione del Coniaciano inferiore, ben datata da microfaune a foraminiferi e da rudiste, interessa tutta la Sardegna nord-occidentale. Questo evento è generale per tutta l'area mediterranea occidentale, con l'installazione della piattaforma carbonatica

Il massimo spessore della successione del Cretacico superiore riferibile all'intervallo Coniaciano-Santoniano raggiunge i 140 m a Capo Caccia.

### **Cenozoico**

Tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano la Sardegna settentrionale è stata sede, come già detto, di un'importante tettonica e di una diffusa attività vulcanosedimentaria che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti.

Questi bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come "Fossa Sarda" Auct. contraddistinta da due diverse Strutture successive: una con fosse orientate prevalentemente da E-O a N60E (oligo-aquitania), ed una con fosse orientate NNW-SSE di età Burdigaliano - Tortoniano (Messiniano).

I depositi sedimentari appartenenti ai bacini hanno carattere sintettonico, distinguendo la successione oligo-aquitania come successione sin-rift e postrift quella burdigaliano-tortoniana, anche se quest'ultima presenta comunque caratteri riconducibili a tettonica sinsedimentaria.

I bacini transtensivi aquitaniani occupano principalmente la parte più orientale dell'isola dove si sviluppano direttamente sul basamento ercinico, caratterizzato prevalentemente da granitoidi intrusi in metamorfiti di medio e basso grado. In genere si impostano in corrispondenza di "releasing-bend" lungo faglie trascorrenti sinistre che sono considerate come la risposta deformativa, nel retropaese europeo, alla collisione che ha originato la catena nordappenninica.

Le successioni sedimentarie sono di ambiente prevalentemente continentale.

I bacini del Burdigaliano sono più recenti, hanno direzioni tra N-S e NNO-SSE, ed interessano la parte occidentale della Sardegna settentrionale. Strutturalmente si configurano come semi-graben con faglie principali che generano tilting in direzione opposta, tra due bacini adiacenti (Fig. 8). Questi bacini intersecano quelli transtensivi orientati N60E interrompendone sia la continuità di affioramento della successione stratigrafica sia le faglie trascorrenti che li strutturano (FUNEDDA et alii, 2000).

### **Coperture Plio-quadernarie**

A partire da circa 5 Ma e fino al Pleistocene (0,14 Ma, BECCALUVA et alii, 1977), la Sardegna è interessata da un nuovo ciclo vulcanico, con emissione di basalti e prodotti differenziati,

connesso con una tettonica di tipo distensivo, che avrebbe interessato tutto il bacino del Mediterraneo e sarebbe all'origine dell'apertura del Tirreno centro-settentrionale.

Questo vulcanismo è rappresentato da massicci vulcanici, talvolta di grandi dimensioni, e da estesi altopiani che si sono trovati a varie altitudini coprendo formazioni di diverse età. Contemporaneamente all'attività vulcanica si ha la sedimentazione di depositi clastici di ambiente continentale (fluviale, lacustre, di versante) di transizione e marino litorale.

Questa notevole varietà di ambienti va senz'altro ricercata nei mutamenti climatici e conseguenti variazioni del livello del mare (glacio-eustatismo), conosciute e ben documentate durante la fine del Terziario e particolarmente nel Pleistocene, che hanno controllato l'evoluzione delle piattaforme continentali e dei settori emersi costieri, determinandovi la migrazione degli ambienti sedimentari.

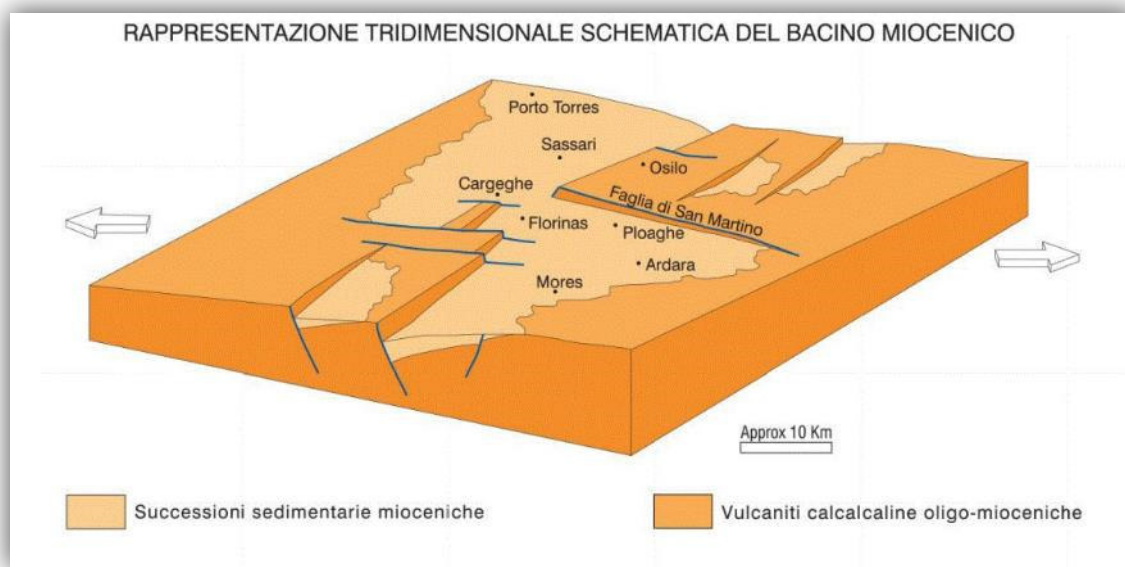


Fig. 8 - Rappresentazione Schematica del Bacino Miocenico di Porto Torres e Sassari

### 5.1. ASSETTO TETTONICO

L'assetto strutturale della regione riflette prevalentemente gli eventi deformativi succedutesi in età Cenozoica ed in minor misura Mesozoica. La tettonica ercinica ha avuto importanza solo nel settore della Nurra occidentale, in cui affiora il basamento metamorfico paleozoico, che comunque riveste un'importanza secondaria rispetto alle coperture.

#### Tettonica Ercinica (Varisica).

L'orogenesi *Varisica* è responsabile della strutturazione del basamento che è caratterizzato da una tettonica polifase. La prima fase deformativa è caratterizzata da grandi pieghe isoclinali coricate con vergenza sud-occidentale. A tali pieghe sin-metamorfiche è legata la principale scistosità del basamento. Alla prima fase seguono altre fasi deformative che sviluppano nuove scistosità che traspongono la precedente. Tutto il basamento è strutturato in una grande sinforme di scistosità con immersione assiale verso Est.

L'orogenesi ercinica ha interessato tutto il basamento della Sardegna con intense deformazioni, un metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo postcollisionale (Cocozza et al., 1974).

#### Tettonica Mesozoica

La tettonica mesozoica è riassumibile nelle seguenti fasi:

- Movimenti tettonici in regime distensivo, ai quali è legata l'emersione della piattaforma carbonatica. Tali movimenti sono riferiti all'Albiano anche sulla base di correlazioni con i movimenti tettonici della Provenza (movimenti bedouliani) e sono caratterizzati da faglie normali con direzione principale ENE-OSO che hanno sollevato tutto il Settore nord-occidentale della piattaforma carbonatica Mesozoica attualmente affiorante causandovi, alla fine del Cretaceo superiore, la formazione di alti strutturali e l'erosione dei depositi del Giurassico superiore e del Cretaceo inferiore. In questo modo la successione carbonatica Mesozoica ha iniziato a presentare spessori via via decrescenti verso NO fin dalla fase emersiva Mesocretacea.
- Tettonica a carattere transpressivo, caratterizzata da faglie trascorrenti sinistre con associate pieghe blande a direzione NNO e faglie normali orientate NE.
- Fase tettonica del Cretaceo terminale, responsabile dell'emersione di tutta la piattaforma mesozoica. Le strutture riferibili a tale tettonica non sono ben identificate.

#### Tettonica Cenozoica

È distinta nelle seguenti diverse fasi:

Fase tettonica post-Cretaceo Superiore e pre-ignimbriti: tra il Cretaceo superiore e il Miocene medio si sono sviluppate diverse fasi tettoniche che tradizionalmente vengono riferite genericamente alla fase "Pirenaica".

Le pieghe principali generate da tale tettonica hanno direzione assiale circa NE-SO e mostrano un raccorciamento con direzione circa N140E.

Non essendoci marker stratigrafici che possano vincolarla, sia inferiormente sia superiormente, tale tettonica, oltre che alla fase Pirenaica, potrebbe essere attribuita al Cretaceo superiore o anche all'Oligocene-Aquitano.

In questo secondo caso sarebbe riferibile alla collisione appenninica, che nella Sardegna orientale ha generato importanti faglie trascorrenti sinistre con associate fasce transpressive (CARMIGNANI et alii, 1994a; 1995; OGGIANO et alii, 2009).

A questa fase tettonica sono attribuibili le pieghe che interessano le successioni mesozoiche.

Fase tettonica oligo-aquitana: questa fase tettonica si manifesta con faglie trascorrenti sinistre di direzione ENE-OSO. Ad essa sono legati i bacini transtensivi, le strutture transpressive e quelle ad esse correlate.

Fase tettonica distensiva del burdigaliano: legata all'apertura del bacino balearico questa fase tettonica riveste notevole importanza nella strutturazione definitiva di questo settore dell'isola. Infatti ad essa è riferibile il generale tilting verso NE del blocco crostale della Nurra, ben deducibile dall'immersione orientale sia delle strutture planari e lineari del basamento che dell'immersione assiale a NE delle pieghe che interessano le coperture tra il Rio D'Astini e Monte Nurra.

Fase tettonica del serravalliano: durante il Serravalliano una fase tettonica distensiva si è manifestata con l'attivazione di faglie ad orientazione prevalente E-O.

Fase tettonica del Pliocene: questa fase tettonica, a carattere distensivo, è responsabile del sollevamento recente della regione e si manifesta con faglie dirette e sollevamenti in blocco.

Le faglie hanno spesso andamento meridiano ed in genere agiscono riattivando faglie precedenti con differenti direzioni, e generando depressioni ad andamento N-S ed ENE-OSO all'interno delle quali si conservano vulcaniti mioceniche e depositi clastici del Miocene superiore.

Nella Fig. 9 a seguire viene illustrato lo schema tettonico del settore di territorio dove s'inserisce l'area della cava in esame.



Il Giurassico invece presenta depositi di mare basso con frequenti emersioni, specialmente nel Dogger e nel Malm; gli ambienti di sedimentazione sono tipici di una piattaforma carbonatica e vanno dalla laguna protetta con energia estremamente bassa a salinità variabile, ad un ambiente di più alta energia dominato da barre oolitiche o da tempestiti (D'ARGENIO et alii, 1985).

- **"KEUPER" AUCT. (KEU)** *Triassico medio-superiore (Ladinico p.p. - Carnico)*  
Costituita da due litofacies non sempre affioranti, è rappresentata da dolomie grigie spesso cariate, talvolta brecciate con subordinati calcari dolomitici con livelli intraclastici; a queste litologie seguono argilliti gessose da rossastre a verdastre talora fortemente piegate (POMESANO CHERCHI, 1968), con cristalli idiomorfi di quarzo e marne dolomitiche giallastre.  
L'ambiente di sedimentazione è riconducibile a condizioni di laguna peritidale in ambiente caldo e arido.  
Gli spessori in affioramento sono valutati in 40-50 m.
- **FORMAZIONE DI MONTE ZIRRA (ZRR)** *Giurassico inferiore (Sinemuriano - Aaleniano inferiore?)*  
Questi affioramenti sono rappresentati da dolomie e calcareniti dolomitiche bioclastiche con alternanze di livelli marnosi. Si rinvencono inoltre calcari oolitici e bioclastici, ricchi in foraminiferi, coralli, gasteropodi, brachiopodi, ammoniti e echinodermi  
Talora alla base delle calcareniti affiorano arenarie a cemento calcareo di debole spessore.  
Lo spessore della formazione in affioramento è dell'ordine di 10-15 m.
- **FORMAZIONE DI GAMBA DI MORO (GDM)** *Giurassico medio-superiore (Aaleniano - ?Kimmeridgiano)*  
L'esposizione migliore è visibile a M. Nurra, dove la successione è esposta nella cava in studio. Nella piana intorno a Monte Nurra gli affioramenti sono poco evidenti e si passa gradualmente alla successiva formazione di Punta Cristallo (IST).  
Nella Nurra questa formazione è rappresentata da dolomie, calcari marnosi, marne, calcari dolomitizzati a laminati algali, calcari oolitici, mostranti sovente laminazione incrociata e oncolitici, calcari a bird-eyes. Si rinvencono inoltre dolomie saccaroidi di piattaforma interna con episodi lagunari, con coralli singoli, lamellibranchi, gasteropodi, brachiopodi, briozoi e macroforaminiferi. Infine alternanze di calcari, marne e argille bituminose (GDM). Livelli di arenarei e Siltiti arenacee (GDMa).  
Gli spessori totali della formazione sono circa 150-200 m.
- **FORMAZIONE DI PUNTA CRISTALLO (IST)** *Giurassico superiore (?Kimmeridgiano - Titoniano)*  
È costituita da calcari micritici a dasycladacee, ben stratificati e finemente laminati, con locali intercalazioni di dolomie sterili grigiastre spesso brecciate.  
Sono presenti anche calcari marnosi e calcari micritici con litoclasti, peloidi, talora a bird-eyes, di piattaforma interna di bassa profondità; spesso i calcari mostrano letti di selce. Nella parte inferiore prevalgono calcareniti stratificate e laminate e dolomie secondarie talora brecciate, spesso a bird-eyes, con lenti calcaree e carofite di ambiente lagunare.  
Lo spessore della formazione è di circa 130-150 m.
- **FORMAZIONE DI GRASCIOLEDDU (GXL)** *Cretacico inferiore-superiore (Albiano-Turoniano)*  
È costituita da un orizzonte bauxitico di potenza variabile che corrisponde alla lacuna di sedimentazione mesocretacica. Il letto delle bauxiti è talvolta costituito da argille rosso-giallastre, oppure da brecce carbonatiche rossastre monogeniche a cemento ferruginoso bauxitico, alle quali seguono argille con lignite e bauxiti argillose oolitiche pisolitiche e conglomeratiche.  
Essa deriva dall'evoluzione pedogenetica di tipo ferralitico di depositi alluvionali.  
Lo spessore complessivo della formazione, estremamente variabile, può arrivare in alcuni casi a circa 17 m (misurati in tasche carsiche).
- **FORMAZIONE DI CAPO CACCIA (POC)** *Cretaceo superiore (Coniaciano-Santoniano)*  
È costituita da una successione carbonatica con calcari da beige a biancastri, bioclastiti, calcareniti grossolane a rudiste, foraminiferi bentonici e planctonici massivi o in banchi spessi, talora con livelli di brecce.  
Lo spessore è di circa 40-50 m.

#### SUCCESSIONE VULCANICA OLIGO-MIOCENICA

La successione vulcanica oligo-miocenica "Sassari" è costituita da ammassi lavici, duomi e piroclastiti messi in posto in condizioni subaeree e da subordinate epiclastiti.

- PIROCLASTITI DI OLMEDO (LDO) *Burdigaliano p.p.*

Gli affioramenti sono formati da una serie di depositi piroclastici di flusso da scarsamente a fortemente saldati con colorazione grigio-viola a chimismo riolitico composti da litici di ignimbrite, più raramente andesite, pomici, cristalli di plagioclasio e pirosseno immersi in una matrice cineritica medio fine. Localmente sono interessati da alterazione idrotermale con frequenti se pur limitate silicizzazioni.

Spessore variabile da pochi metri a 60-70m.

- PIROCLASTITI DI PUNTA RUJA (PRJ) *Burdigaliano p.p.*

Depositi di flusso piroclastico da scarsamente a fortemente saldati, da rosati a nerastri a chimismo riolitico e dacitico, con litici di ignimbrite e andesiti da millimetrici a centimetrici, pomici da millimetriche a decimetriche, cristalli di plagioclasio e più raramente pirosseni in matrice cineritica. Spessore fino a 20 m.

- PIROCLASTITI DI PUNTA RUJA (PRJ) *Burdigaliano p.p.*

Depositi di flusso piroclastico, prevalentemente grigio biancastri a chimismo riolitico, massivi con litici di ignimbrite e subordinatamente andesiti e più raramente litologie di basamento paleozoico, pomici, e cristalli di plagioclasio e biotite in matrice cineritica.

Spessore variabile fino a 100 m.

#### SUCCESSIONE SEDIMENTARIA MIOCENICA

La successione sedimentaria miocenica è caratterizzata dalla presenza di due sequenze deposizionali delimitate da discordanze: la prima è costituita da depositi continentali fluviali e di piana alluvionale, deltizi e marini di piattaforma; la seconda sequenza è costituita da depositi fluvio-marini e carbonatici di piattaforma.

- FORMAZIONE DI OPPIA NUOVA (OPN) *Burdigaliano medio-superiore*

Si tratta di arenarie e depositi conglomeratici in matrice sabbiosa e argillosa.

L'ambiente di sedimentazione è da ricollegare ad una vasta conoide alluvionale, ad elementi del basamento paleozoico, di calcari mesozoici e di vulcaniti terziarie.

Gli spessori in affioramento sono limitati ad alcune decine di metri.

- FORMAZIONE DI MORES (RES) *Burdigaliano superiore*

Si presenta in quattro litofacies:

- RESa rappresentata da biocalcareni e calcari bioclastici a banchi di ostriche ed altri bivalvi, ed echinidi, spesso con evidenti clinostratificazioni.
- RESb, arenarie e conglomerati da grigi a beige ad elementi di quarzo, metamorfiti, vulcaniti e calcari mesozoici con fossili di echinidi, bivalvi più raramente coralli.
- RESc depositi conglomeratici quarzosi in genere di debole spessore alla base dei depositi carbonatici con clasti in genere di vulcaniti e quarzo, e subordinati depositi di argille di debole spessore.
- RESd arenarie e conglomerati ad elementi quasi esclusivamente vulcanici, con intercalazioni di livelli francamente carbonatici. Lo spessore è abbastanza variabile, da poche decine di centimetri a 30-40 m.

Le arenarie presentano generalmente una colorazione grigiastra, granulometria grossolana, talvolta sterili ma più spesso molto fossilifere mentre i conglomerati, anch'essi fossiliferi, sono formati da ciottolotti, ciottoli e blocchi fino a 1-1,5 m di andesite a volte in matrice sabbiosa, a volte legati da cemento carbonatico.

## DEPOSITI QUATERNARI

### DEPOSITI OLOCENICI

Questi depositi comprendono sia i sedimenti attuali sia quelli messi in posto nell'Olocene durante le complesse modificazioni dell'ambiente fisico, caratterizzate essenzialmente da gradi variabili di inattività e seppellimento.

Si tratta principalmente di depositi connessi alla gravità (depositi di frana e di versante, coltri eluvio-colluviali), depositi alluvionali e di precipitazione chimica (travertini). Sono rappresentati anche i depositi legati alle attività antropiche.

### COLTRI ELUVIO COLLUVIALI (b2)

Si tratta di sabbie limo-argillose con clasti detritici medio fini, massive, più o meno intensamente pedogenizzate: spessore 1-3 m.

Le successioni appena descritte sono riportate nelle Figg. 10 e 11 seguenti.

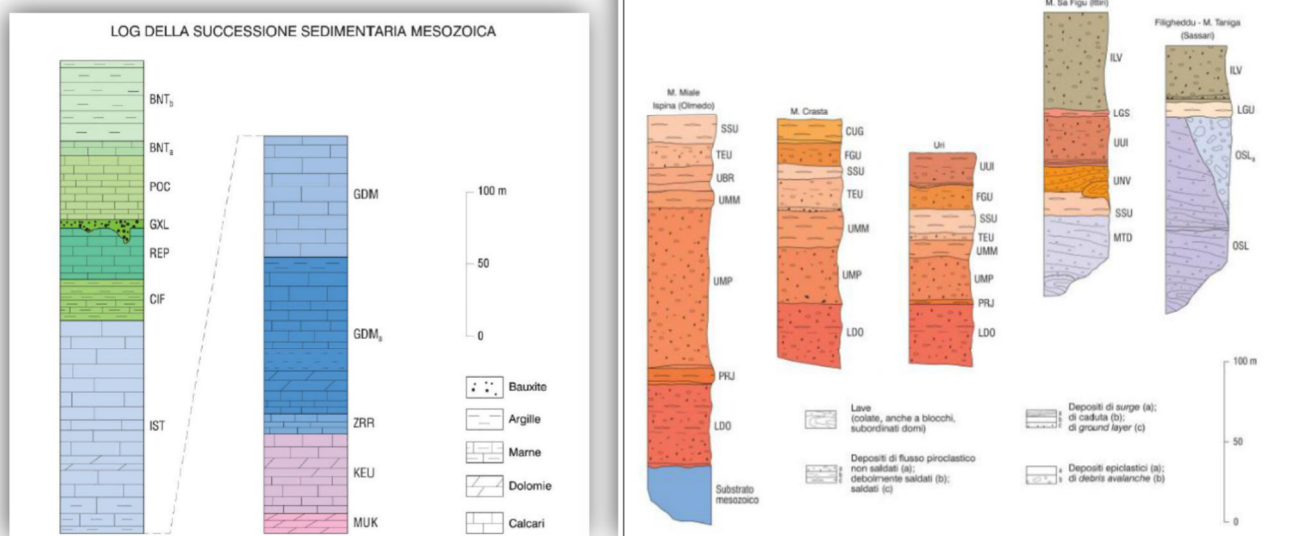


Fig. 10 – Log delle successioni Sedimentaria-Mesozoica e delle Successioni Vulcaniche oligo-Mioceniche estratti dalla cartografia del Progetto CARG

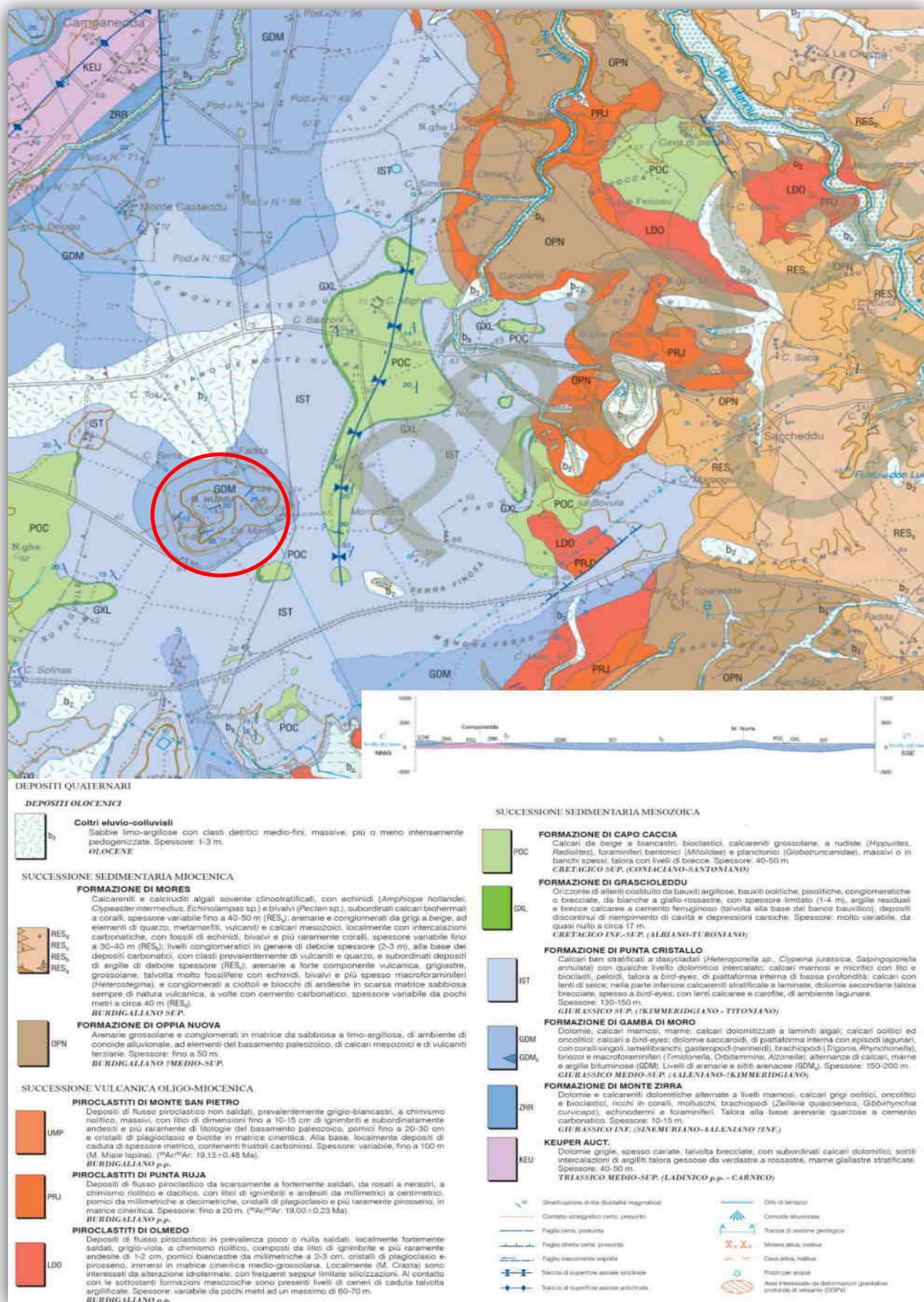


Fig. 11 – Estratto della carta Geologica d'Italia – Sassari Foglio 459

### 5.3. CARATTERISTICHE LITO-STRATIGRAFICHE E GIACIMENTOLOGICHE DEL SITO ESTRATTIVO

Come esposto al paragrafo precedente, l'area su cui sorge il sito estrattivo insiste sulla *Formazione Sedimentaria Mesozoica di Gamba di Moro*, in quest'area rappresentata da calcari micritici, pisolitici od oolitici. Si tratta di rocce calcaree microcristalline, molto compatte e generalmente poco fratturate.

Dal punto di vista giacimentologico il materiale da estrarre fa parte di una sequenza litologica carbonatica disposta in strati e banchi, aventi direzione Est-Ovest e pendenti verso Sud con immersioni variabili da 10° a 25°.

Nell'area di cava, alla scala dell'affioramento, sul piano di stratificazione sono visibili numerose fratture a scala decimertrica e metrica ed una serie di faglie di frequenza plurimetrica a scarso rigetto (Fig. 12). Le faglie sono diventate via preferenziale di infiltrazione delle acque andando ad accelerare i processi di dissoluzione con la creazione di piccole cavità carsiche nelle zone prossime alle stesse.

Relativamente agli aspetti geologici e petrografici, la roccia calcarea si può distinguere nei seguenti piani principali, da Nord a Sud:

- a) Calcare di "Tipo A" bianco o grigio – chiaro composto da grossi banchi di calcare oolitico con uno spessore che supera abbondantemente i 150 m;
- b) Calcare di "Tipo B" stratificato molto tenace, marroncino chiaro che si scaglia con superfici concoidi con uno spessore di 60÷70 m;
- c) Calcare di "tipo C" che affiora nel settore meridionale della cava con uno spessore di oltre 150 m sia in senso stratigrafico che altimetrico.

Il materiale cavato ha buone caratteristiche meccaniche ed una discreta omogeneità; questo comporta una notevole stabilità dei fronti.



Fig. 12 – Sezione geologico interpretativa Cava Monte Nurra

### 5.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Relativamente agli aspetti geotecnici, i calcari affioranti nell'area di cava precedentemente descritti, rappresentano una formazione litoide per le cui caratteristiche geotecniche, anche per l'impossibilità di eseguire indagini dirette sul sito, sono stati considerati rappresentativi i parametri ottenuti dalla classificazione qualitativa della roccia intesa come "ammasso" (Bieniawski e Barton) in ragione delle caratteristiche geostrutturali dello stesso.

Infatti, la fitta spazatura delle discontinuità che caratterizza i fronti in diversi settori della cava, ha indotto a considerare la roccia presente, cautelativamente, come un ammasso roccioso prossimo più ad un ammasso detritico grossolano piuttosto che ad una vera e propria roccia fratturata.

Questo ragionamento, trattato approfonditamente più avanti in relazione, si ritiene essere più verosimile in quanto, particolarmente nelle impostazioni dei calcoli nelle verifiche di stabilità dei fronti e dei versanti,

per i casi come questo, i fenomeni di instabilità si possano generare anche, o forse prevalentemente, secondo criteri di instabilità globale del pendio, seguendo superfici di scorrimento di neoformazione circolari piuttosto che attraverso scivolamento, distacco o ribaltamento di cunei secondo le superfici delle discontinuità presenti.

Nella tabella seguente si riportano i dati di *Peso di volume*, *coesione* e *angolo d'attrito* ottenuti.

| Formazione                                                          | $\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> ) | C (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|
| Calcare Gamba di Moro<br>(inteso come ammasso<br>roccioso presente) | 2300                          | 1 - 2                   | 39         |

## 6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

### 6.1. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'idrografia regionale è caratterizzata dalla quasi totale assenza di corsi d'acqua perenni. Infatti, i soli fiumi classificati come tali sono costituiti dal *Tirso*, dal *Flumendosa*, dal *Coghinas*, dal *Cedrino*, dal *Liscia* e dal *Temo*.

La maggior parte dei corsi d'acqua presenta caratteristiche torrentizie che, per la conformazione geomorfologica dei bacini imbriferi, presentano pendenze elevate per la maggior parte del loro percorso, con tratti vallivi brevi che si sviluppano nei conoidi di deiezione o nelle piane alluvionali. Di conseguenza, nelle parti montane si verificano intensi processi erosivi dell'alveo, mentre nei tratti di valle si osservano fenomeni di sovralluvionamento che danno luogo a sezioni poco incise con frequenti fenomeni di instabilità planimetrica anche per portate non particolarmente elevate.

Anche nella regione della Nurra, dove la tettonica a faglie e le differenti condizioni di permeabilità dei litotipi che si incontrano condizionano fortemente la circolazione delle acque, il reticolo idrografico si compone da una serie di piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio di tipo stagionale.

Le dimensioni alquanto limitate dei bacini idrografici della zona non consentono che un ruscellamento concentrato in rivoli i quali durante la stagione secca risultano completamente asciutti. Lo scarso sviluppo dell'idrografia è legato principalmente alla presenza delle rocce carbonatiche del Mesozoico il cui alto indice di permeabilità limita notevolmente il deflusso delle acque.

Come riportato nell'inquadramento aereo di Fig. 13, a pagina seguente, i principali corsi d'acqua della regione della Nurra sono:

- il Fiume Santo che si dirige verso il golfo dell'Asinara; ha origine a Serra de li Sambinzia e drena un'area di circa 80 kmq; si sviluppa per circa 23 km da sud ovest a nord est, con una pendenza dello 0,9%.
- il Rio Don Gavino, affluente del *Rio Filiberto* che è a sua volta è affluente diretto del *Rio Barca*, drena una superficie di circa 400 kmq, nasce in località S'Abbadiga a quota 98 metri, complessivamente ha uno sviluppo nord ovest-sud est, una pendenza media di circa 0,4% per una lunghezza di circa 25 chilometri;
- Il Rio Barca che scorre con andamento prevalente ENE-OSO si immette direttamente nello stagno di Calich nella rada di Alghero ed ha come affluenti di destra il *Rio Filiberto* che correndo con andamento prevalente in direzione N-S, si immette nel tributario principale dopo circa 9 km. e quindi il *Rio Don Gavino* e poco più a monte il *Rio Su Mattone* che scorre in direzione NE-SO. Affluente di sinistra del *Rio Barca* è il *Rio Serra* che scorre in direzione SE-NO
- il Rio Mannu di Porto Torres, che è il fiume più importante della Sardegna settentrionale, si sviluppa in direzione sud est-nord ovest per una lunghezza di circa 65 chilometri fino a sfociare nel golfo dell'Asinara. Scorre con un profilo dell'alveo principale debolmente pendente, soprattutto nella zona del Sassarese. Il bacino principale del Rio Mannu di Porto Torres presenta un'intensa idrografia dovuta

alle litologie attraversate, prende il nome dal fiume principale e si estende nell'entroterra per circa 670 kmq. Il Rio Mannu e i suoi emissari hanno un andamento lineare, ortogonale alla linea di costa.

I principali affluenti del Rio Mannu sono: il *Rio Bidighinzu*, il *Rio Mascari* e il *Rio di Ottava* in destra idrografica; il *Rio Minore* e il *Rio Ertas* in sinistra idrografica.

Il reticolo idrografico superficiale delle direttrici principali, mostra una direzione dei deflussi circa Sud-Nord, chiaramente influenzata dalla presenza della linea di costa a nord.

I deflussi principali dell'area a nord sono rappresentati dal Rio Ertas mentre, quelli dell'area a Sud sono rappresentati dal *Rio Don Gavino* e dal *Rio Su Mattone* affluenti del *Rio Barca* che costituiscono la rete di drenaggio primaria, mentre, i deflussi secondari sono molto rari e limitati a piccoli deflussi delle acque meteoriche. Questo è essenzialmente dovuto alla morfologia dell'area, con zone pianeggianti e subpianeggianti, che non ha quindi necessità di sviluppare importanti deflussi.

Nello specifico la cava di Monte Nurra si colloca tra il "Rio Mannu", che scorre 10 km più a Est, ed il "Rio Don Gavino" a Ovest, che ha un'importanza relativa con un regime del tutto dipendente dagli apporti meteorici.

Nei pressi del sito sono presenti inoltre alcuni impluvi minori tra i quali quello più prossimo al sito è il *Rio S'Alidoni*, che scorre con direzione Nord-Sud a ovest della cava, e che non ha nessun rapporto con l'area di cava.

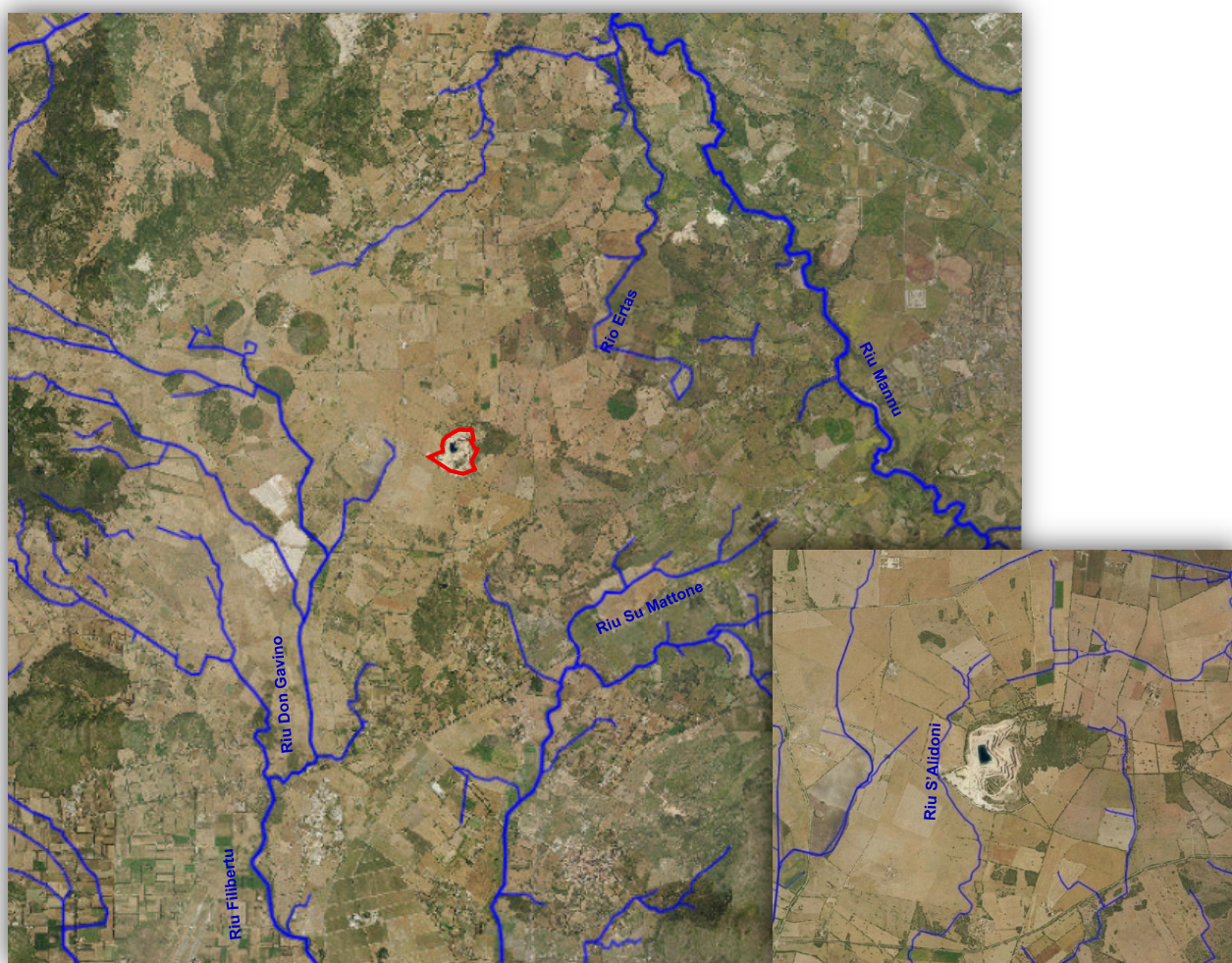


Fig. 13 - Reticolo idrografico area vasta (in rosso è l'area di cava)

## **6.2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

### **6.2.1. UNITA' E COMPLESSI IDROGEOLOGICI**

L'area della Nurra è caratterizzata da un sistema idrogeologico importante e rientra all'interno del complesso acquifero dei carbonati Mesozoici della Nurra e dell'acquifero delle vulcaniti terziarie della Sardegna nord occidentale.

La grande importanza del sistema idrogeologico per l'intera regione della Nurra è legata quasi esclusivamente alle risorse idriche sotterranee, non essendo presente, come già evidenziato, in superficie un valido reticolo idrografico.

L'acquifero più importante è costituito dalla successione carbonatica mesozoica il cui spessore, non ben conosciuto, potrebbe raggiungere anche i 1000 m.

Le vulcaniti terziarie, che affiorano nella parte Meridionale dell'area, poggiano anch'esse sui carbonati mesozoici.

I due sistemi, carbonatico e vulcanico, hanno potenzialità di immagazzinamento molto diverse; soprattutto le vulcaniti mostrano un maggior numero di acquiferi sovrapposti, anche se l'immersione verso NE porta le piezometriche ad abbassarsi notevolmente in questa direzione e, verosimilmente, a far confluire i flussi nel sistema dei carbonati mesozoici.

Nel distretto della Nurra, in particolare nelle formazioni vulcaniche, sono riconosciute anche manifestazioni idrotermali riferibili al Miocene, che possono essere descritte come prodotti di interazione acqua-roccia.

Da un punto di vista idrogeologico, le formazioni litostratigrafiche sono state raggruppate in unità idrogeologiche principali, che a loro volta sono state suddivise in complessi idrogeologici o acquiferi. Agli acquiferi individuati sono stati attribuiti i valori di permeabilità desunti dalla letteratura scientifica e verificati con prove di pompaggio in regime transitorio (GHIGLIERI *et alii*, 2006; 2009).

A parte il modesto acquifero ospitato nei sedimenti quaternari, che possiede una permeabilità per porosità, gli altri sono caratterizzati da una permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo, che in alcuni casi coesistono. Nell'area esistono anche circuiti sotterranei estremamente condizionati da strutture tettoniche, le quali talvolta costituiscono delle zone preferenziali di drenaggio e talaltra costituiscono dei limiti laterali stagni.

Le informazioni di carattere geologico-strutturale, unitamente a quelle idrogeologiche ed idrochimiche, hanno permesso di elaborare il modello concettuale degli acquiferi presenti nell'area e di ricostruire il bacino idrogeologico che in alcune zone si discosta da quello idrografico superficiale ed è condizionato nelle parti settentrionale, meridionale e parzialmente occidentale, da strutture quali anticlinali e faglie, e nella porzione orientale da spartiacque sotterranei individuati dalle piezometriche.

Vengono di seguito elencate e brevemente descritte le unità ed i complessi idrogeologici riconosciuti.

#### **Unità idrogeologica del Paleozoico**

- Cme (P) - *Complesso Metamorfico* (Acquifero del Paleozoico):  $K = 1 \times 10^{-11}$  (m/s).

L'infiltrazione nelle metamorfiti deve ritenersi molto modesta ed i flussi, generalmente sub superficiali, ospitati in esse, a causa dell'immersione assiale delle strutture varisiche verso Est, tendono anch'essi a confluire nel sistema carbonatico.

#### **Unità idrogeologica del Mesozoico**

Tale unità è stata suddivisa nei seguenti complessi idrogeologici (da GHIGLIERI *et alii*, 2009):

- Csc (T) - *Complesso sedimentario composito del Triassico* (Acquifero del Triassico):  $K = 1 \times 10^{-6}$  m/sec;
- Cc (G) - *Complesso calcareo del Giurassico* (Acquifero del Giurassico):  $K = 1 \times 10^{-4}$  m/sec;
- Ccm (C) - *Complesso calcareo marnoso del Cretaceo* (Acquifero del Cretacico):  $K = 1 \times 10^{-5}$  m/sec.

La copertura carbonatica mesozoica è stata deformata a più riprese da fasi tettoniche che hanno comportato:

- l'emersione e l'erosione, condizionando così gli spessori in aree differenti;
- la generazione di geometrie e strutture che possano aver consentito la formazione di falde sospese, la conservazione degli spessori primari e/o il loro ispessimento legato a raccorciamenti;

- la formazione di diaframmi impermeabili al flusso laterale, dovuti a faglie.

D'altra parte faglie e bassi strutturali (*graben* e fosse tettoniche di modesta estensione) possono aver avuto, al contrario, il ruolo di dreni.

Lo spessore delle successioni carbonatiche diminuisce verso NO a causa di un primo evento erosivo legato alla tettonica mesocretacica, che ha generato un alto strutturale in questa direzione. Infatti in più punti intorno a M. Nurra i calcari del Cretaceo superiore poggiano direttamente sui calcari e le dolomie del Giurassico superiore.

Questo sistema carbonatico può essere suddiviso in definitiva nelle seguenti zone:

- un'area nord-occidentale, costituita da terreni del Giurassico ripiegati da una coppia di anticlinali e sinclinali con immersioni assiali a NE, e che quindi drenano i flussi verso Porto Torres al di sotto delle successioni carbonatiche mioceniche;
- un'area di basso strutturale, costituita dalle sinformi di Monte Nurra - San Ginesa e dalla sinclinale Olmedo-Calich, dove si concentra la maggior possibilità di immagazzinamento con valori di portata riscontrati su singolo pozzo che arrivano fino a 146 l/sec (Tenuta Sella & Mosca, presso Alghero);
- un *graben* interposto tra queste due sinclinali, riempito da successioni clastiche del Miocene superiore e vulcaniti, che può rappresentare una zona di accumulo;
- un'area a Sud della faglia di Su Zumbaru (GHIGLIERI *et alii*, 2009), dove il sistema carbonatico diminuisce di spessore per erosione (lacuna mesocretacica) ed è sepolto sotto modesti spessori di vulcaniti, dove lo spessore degli acquiferi e la capacità di immagazzinamento è limitata.

#### **Unità idrogeologica delle vulcaniti terziarie**

- Cpi (OM) - *Complesso piroclastico e lavico* (Acquifero del Miocene inferiore):  $K=1 \times 10^{-6}$  m/sec.

Le vulcaniti terziarie sono costituite essenzialmente da una successione di flussi piroclastici (ignimbriti) con sottili intercalazioni di depositi di *surge* e *fall*, e da limitate colate andesitiche.

L'immersione generale delle coltri ignimbritiche è verso nord est.

L'andamento delle isopieze sembra seguire il massimo gradiente topografico, che ha orientazione NNO-SSE, e lungo il quale si realizza il passaggio in affioramento dalle vulcaniti al sottostante sistema carbonatico Mesozoico.

#### **Unità idrogeologica della successione Sedimentaria Miocenica**

- Cmc (Mc) - *Complesso marnoso-calcareo e arenaceo* (Acquifero della successione sedimentaria del Miocene):  $K=2 \times 10^{-4}$  a  $q \times 10^{-6}$  m/sec.

Questo acquifero interessa la successione Sedimentaria miocenica.

I livelli più permeabili sono costituiti dai litotipi francamente carbonatici delle formazioni di Mores (RES<sub>a</sub>) interessati da fessurazione e carsismo.

Le altre unità mioceniche presentano nell'area un'importanza idrogeologica praticamente irrilevante.

Per l'area indagata l'acquifero miocenico non costituisce un acquifero importante mentre risulta strategico per il sassarese dove raggiunge spessori importanti.

#### **Unità idrogeologica del quaternario**

- Csr (Q) - *Complesso sedimentario recente* (Acquifero del Quaternario):  $K=1 \times 10^{-6} \leq K \leq 1 \times 10^{-4}$  m/sec.

I depositi travertinosi e alluvionali, con le loro notevoli permeabilità, consentono ai flussi di passare al di sotto nel sistema carbonatico. Qualora alla base di questi depositi si trovino paleosuoli o livelli ricchi di argille, possono raccogliersi falde non molto produttive che, laddove incisioni fluviali mettono a nudo il contatto stratigrafico che rappresenta il letto impermeabile di queste falde, alimentano sorgenti di contatto.

Queste falde, molto superficiali in virtù del modesto spessore degli acquiferi, sono spesso sfruttate con pozzi scavati.

I depositi alluvionali olocenici sono poco rappresentati e sono trascurabili dal punto di vista idrogeologico.

### **6.2.2. IDROGEOLOGIA LOCALE**

Sotto il profilo idrogeologico l'area in studio riassume le caratteristiche peculiari di gran parte del settore Nord-Occidentale della Provincia di Sassari

In base alla litologia della zona, ai dati stratigrafici delle perforazioni e ai dati di censimento dei punti d'acqua, è stato possibile individuare tre distinte unità idrogeologiche caratterizzate da condizioni di permeabilità diversa: quella rappresentata dalla serie dei Calcari e dolomie Mesozoici, quella dei Calcari Miocenici caratterizzate da permeabilità per fratturazione e carsismo, con permeabilità da media ad alta, ed una terza unità idrogeologica rappresentata dal Complesso Vulcanico terziario con permeabilità per fratturazione bassa e possibilità idrologiche piuttosto esigue.

L'infiltrazione delle acque è dovuta quindi fundamentalmente ad una circolazione idrica per permeabilità secondaria (fratturazione) e per carsismo.

Particolarmente importante risulta il complesso calcareo - dolomitico del Mesozoico il cui andamento è stato determinato mediante prospezione geofisica.

Nell'area è stata messa in evidenza una tettonica frastagliata ed in particolare una grande discontinuità della stessa negli affioramenti orientali.

Nel bacino calcareo la falda si riscontra con maggiori probabilità in prossimità delle discontinuità tettoniche al contatto dei termini del Mesozoico con il complesso delle argille e dei tufi impermeabili miocenici.

La presenza di una zona molto permeabile per fratturazione, a contatto con uno sbarramento impermeabile, rappresenta le condizioni ideali di drenaggio della falda sotterranea.

Sulla base degli studi condotti nell'area ed in base alle esperienze maturate durante la realizzazione dei pozzi nella zona si può affermare che il flusso idrico sotterraneo risulti caratterizzato da un sistema multifalda in pressione (ottenendo portate a regime di 10-50 l/s) con gli acquiferi impostati nelle brecce calcaree di modesto spessore e nelle micriti a tessitura più grossolana di maggiore potenza, isolati dalla falda superficiale da livelli marnosi e argillosi impermeabili oppure ostacolati nel flusso da calcari micritici meno grossolani e più compatti.

Le zone d'alimentazione degli acquiferi sono da ricercarsi negli affioramenti calcareo dolomitici dei rilievi collinari che costellano il paesaggio della Nurra, i quali sono sufficientemente numerosi ed estesi, comunque da garantire un'adeguata ricarica alle falde sotterranee.

Nell'area di cava (Monte Nurra) la realizzazione di due pozzi a servizio dell'attività di cava ha confermato la presenza della sequenza calcarea Mesozoica che in tale area è disposta in grossi banchi aventi direzione Est-Ovest con immersione verso Sud variabili da 10° a 25°.

La facies calcarea che caratterizza l'area di cava è quella definibile come calcare micritico, pisolitico od oolitico. Si tratta di rocce calcaree microcristalline, molto compatte e poco fratturate che presentano una permeabilità medio-bassa per scarsissima porosità singentica e moderata fratturazione. In questo caso la presenza di elementi fini argillosi può occludere i meati con conseguente riduzione della permeabilità sino a divenire pressoché impermeabile. Oltre ciò, sottili intercalazioni argillose nella sequenza stratigrafica possono impedire il flusso idrico; tale impermeabilizzazione pare certa all'interno del sito; le acque piovane e quelle drenate dalle pareti della cava, infatti, vengono fatte accumulare sul fondo dello scavo, a quota + 40 m s.l.m., testimoniando la scarsa possibilità d'infiltrazione. Tale aspetto permette di escludere la possibilità che possa verificarsi un inquinamento idrico, unito al fatto che non esistono falde superficiali o poco profonde nell'area di coltivazione.

Nelle Figg. 14 e 15 seguenti si riportano, rispettivamente, lo schema idrogeologico a grande scala dell'area in studio, e la carta idrogeologica del PUC comunale, dove si evidenzia che l'unità carbonatica mesozoica presenta una permeabilità complessiva medio-alta per fessurazione e carsismo nei termini carbonatici.

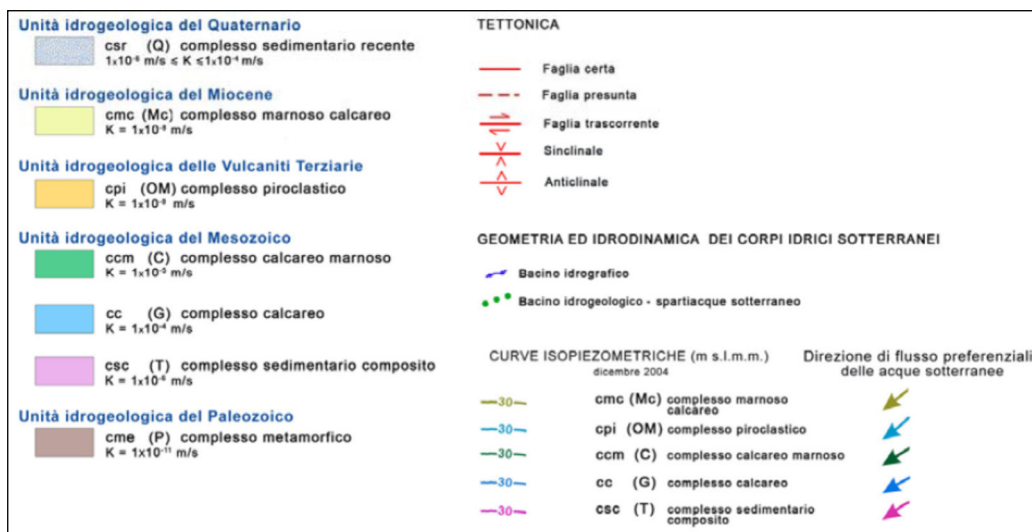
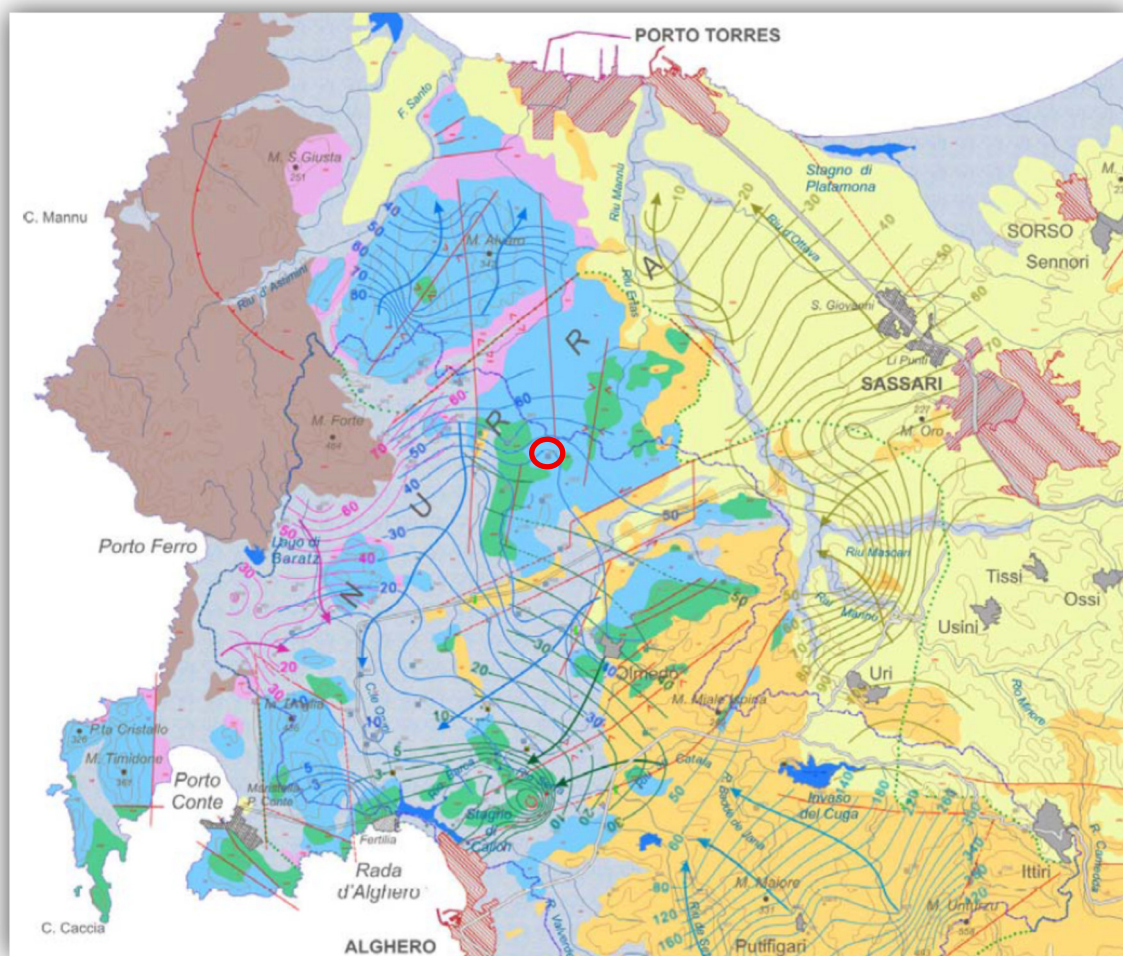


Fig. 14 - Schema idrogeologico dell'area in Studio (tratto da Arpas - Sardegna)  
(in rosso è l'area di cava)

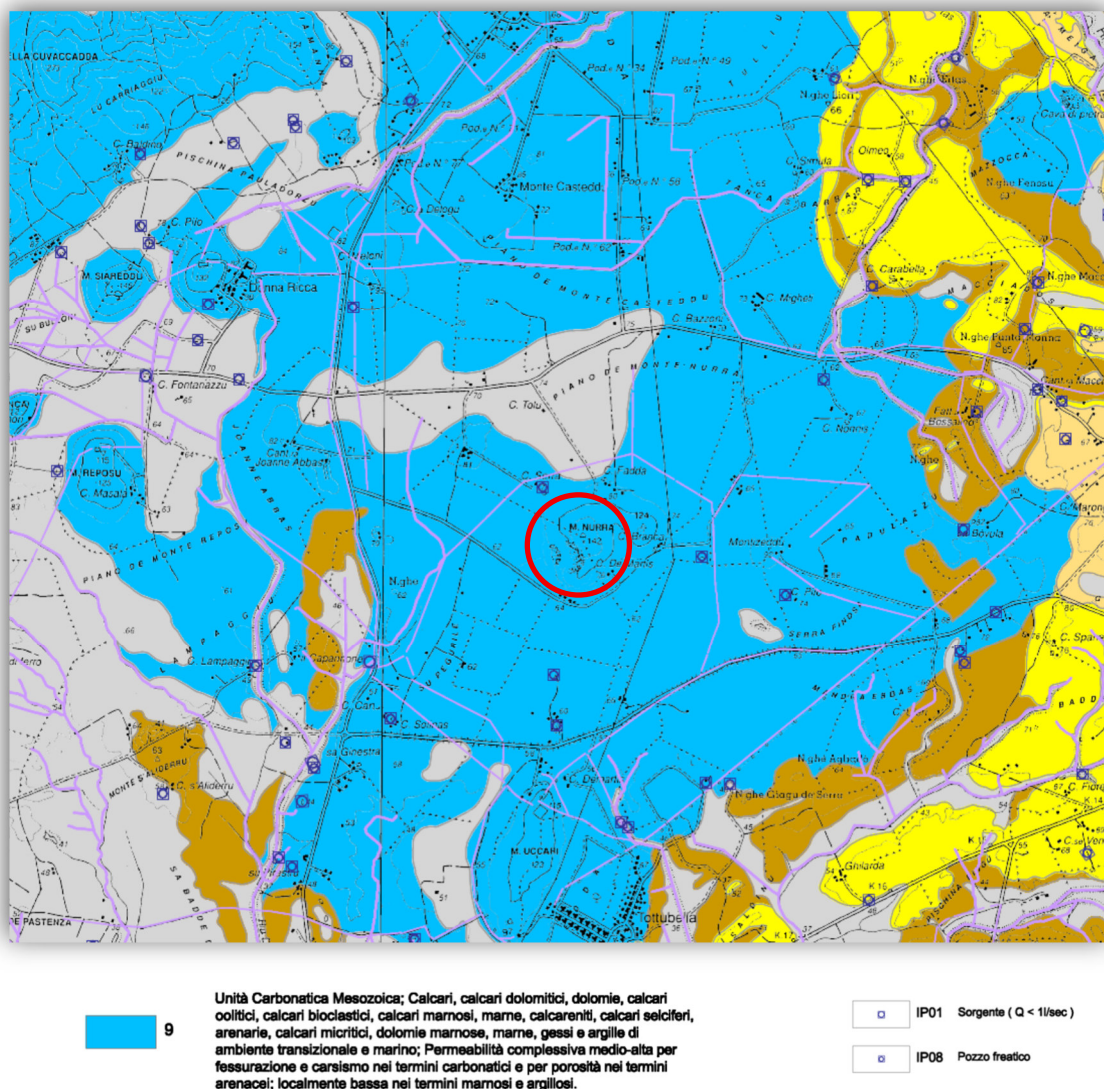


Fig. 15 – Carta idrogeologica (stralcio della Tav. 1.4 del PUC)  
(in rosso è l'area di cava)

### 6.3. PERMEABILITÀ

La permeabilità di una roccia può essere definita come la proprietà di lasciarsi attraversare dall'acqua sotto un determinato gradiente idraulico. La permeabilità è espressa da un *coefficiente di permeabilità K* e può essere "primaria" quando è legata alla storia di formazione diagenetica della roccia (presenza di vuoti tra granulo e granulo); "secondaria" quando è legata alla fratturazione della roccia per cause successive alla sua formazione (cause prevalentemente tettoniche).

Relativamente all'area in esame, la carta della Permeabilità del Geoportale della Sardegna (ricavata dal navigatore geografico WebGIS open-source Sardegna SIT e rielaborata con QGIS, di cui si riporta un estratto nella Fig. 16 a seguire), indica che le litologie presenti nell'area in esame risultano avere una permeabilità media per sola fratturazione.

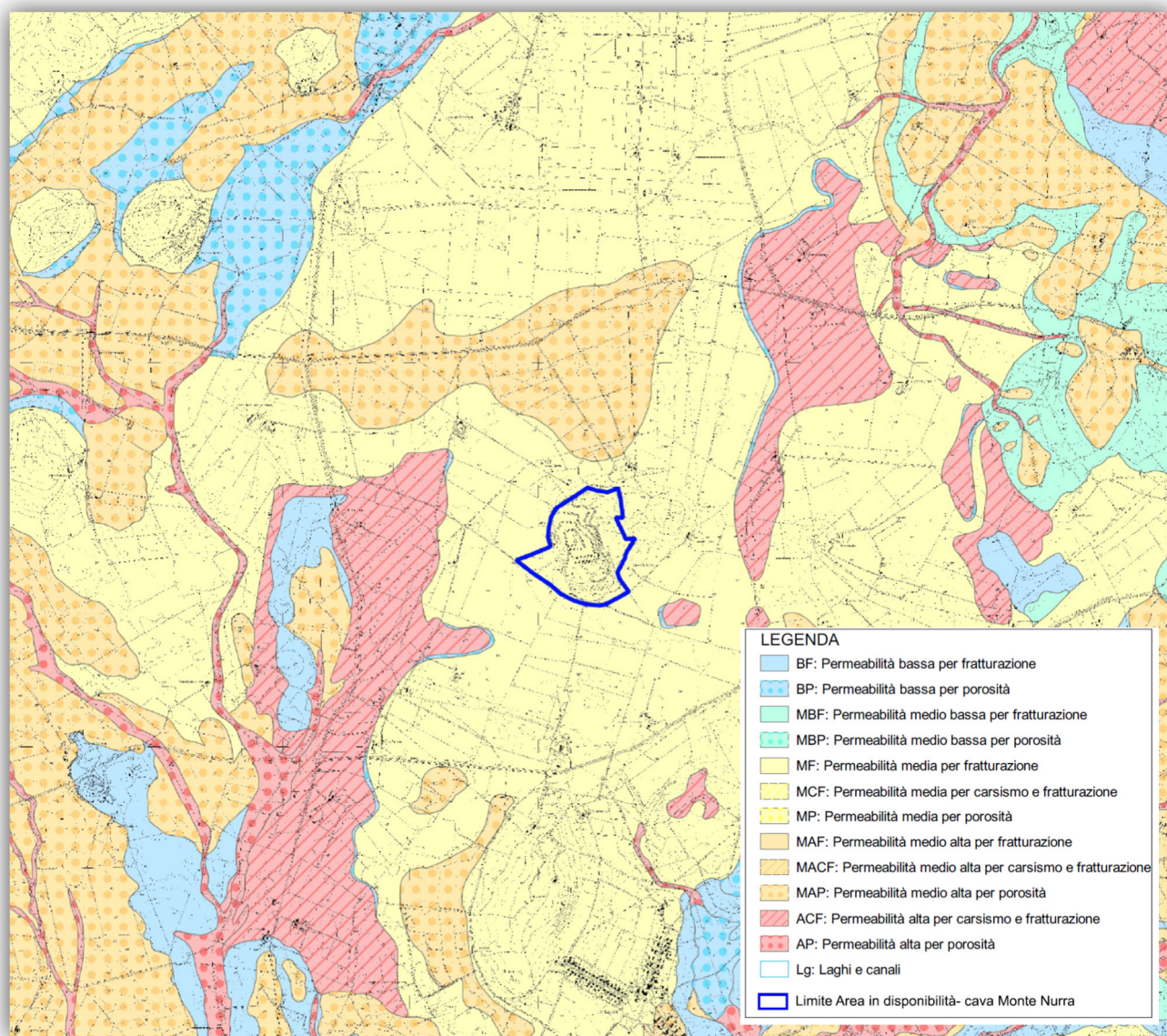


Fig. 16 – Estratto dalla carta della Permeabilità del Geoportale della Sardegna  
(ricavata dal navigatore geografico WebGIS open-source SardegnaSIT e rielaborata con QGIS)  
(in blu è l'area di cava)

#### 6.4. CARSISMO

Particolare attenzione occorre porre alle fenomenologie carsiche che rivestono nella Nurra una notevole importanza, facilitate nella loro evoluzione dalla presenza di imponenti coltri carbonatiche della piattaforma mesozoica.

Tali fenomeni, assunsero una notevole intensità nel Cretaceo medio, per la concomitanza del clima caldo umido che favoriva la dissoluzione dei litotipi prevalentemente calcarei e dolomitici del Cretaceo inferiore e del Giurese, durante il periodo di peneplanazione della regione in oggetto.

Le condizioni climatiche particolari del periodo descritto e paragonabili a quelle attuali delle regioni tropicali e sub-tropicali, favorirono il carsismo che si manifestò con le forme morfologiche caratteristiche che

variavano dal tipico inghiottitoio a prevalente sviluppo verticale ad ampie doline con forma ellittica a estesi campi carreggiati.

Le direttrici tettoniche di tipo distensivo, fungevano da linee di innesco e da successive lineazioni per la evoluzione di questi fenomeni.

Come accennato in precedenza, il paesaggio carsico nella Nurra è rappresentato da grotte soprattutto lungo la costa, conche, campi carreggiati, ampie doline, piccole marmitte, pozzi profondi e inghiottitoi.

Appare evidente quanto il processo carsico sia ben sviluppato sia in superficie che in profondità. L'intensa carsificazione in superficie che, come già esposto, è subito evidente dalla totale assenza sia in loco che nell'intera Nurra di un marcato reticolo idrografico, consente un'attiva circolazione ipogea che tende a drenare le acque direttamente verso mare dando luogo lungo al suo percorso a grandi corpi idrici nel complesso Mesozoico (Casmez 1980).

Le cavità carsiche lungo la costa e le numerose sorgenti documentano il drenaggio di parte della circolazione carsica. Non si segnalano forme carsiche nei pressi del sito.

In merito alla presenza di cavità carsiche all'interno della cava Monte Nurra è invece necessario fare alcune precisazioni.

Nella cartografia del PPR (di cui al paragrafo 5.1 figura 8 - Stralcio cartografico della tavola 2 - Assetto ambientale - Beni paesaggistici e componenti del paesaggio del PPR) viene infatti segnalata nell'area estrattiva la presenza di una grotta naturale (normata dall'art. 143 del D-Lgs 42/2204) che in realtà già nel 2003, quindi antecedentemente all'adozione e approvazione del PPR, risultava ormai distrutta dalla pregressa attività estrattiva. Anche l'elaborato "repertorio delle grotte e delle caverne", allegato all'aggiornamento del PPR (di cui al DGR 45/2/2103 e 6/18/2014 successivamente abrogato con DGR 39/1/2014 e 10/20/2014), individuava tale cavità identificandola come "Grotta del Monte Nurra" con codice GC1266. Lo stesso dato è sostenuto dalla scheda del catasto Speleologico regionale (Num Cat. 332 SA/SS -agg.10/21) che, oltre all'indicazione degli elementi identificativi, conferma nelle note la distruzione della cavità.

Ovviamente, per quanto riguarda il progetto di coltivazione in oggetto, nel caso, alquanto improbabile, in cui la coltivazione dovesse risultare prossima ad un eventuale cavità, inghiottitoio e quant'altro verrà predisposto uno studio di verifica degli aspetti geomorfologici finalizzato a valutare la possibilità di proseguire oppure di intervenire con azioni specifiche.

## 7. VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

La vulnerabilità idrogeologica di un terreno rappresenta la possibilità che ha un inquinante di penetrarvi, di propagarsi e di contaminare le acque circolanti in esso. Da questa definizione consegue immediatamente che il fenomeno è in correlazione diretta con la permeabilità intrinseca dei litotipi, sia primaria (o singenetica), che si esplica essenzialmente per porosità e viene influenzata dalla giacitura, sia secondaria (o acquisita), legata ai processi che hanno interessato la roccia successivamente alla sua formazione e che può essere dovuta sia a processi di deformazione con risposta fragile (fratturazione), sia a processi di degradazione per effetto solvente delle acque (carsismo).

Gli acquiferi in complessi carbonatici fratturati e a carsismo molto sviluppato sono caratterizzati da una elevata vulnerabilità all'inquinamento principalmente per l'elevata permeabilità per fratturazione e carsismo.

Relativamente alla Cava Monte Nurra, vista la litologia dei terreni presenti, caratterizzati prevalentemente da permeabilità Secondaria Media/Media alta (complesso calcareo oggetto di escavazione), la vulnerabilità idrogeologica intesa soprattutto come possibilità di infiltrazione di eventuali inquinanti nella falda, è da ritenere *media* come evidenziato nello stralcio della Carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento degli acquiferi riportato nella Fig. 17 a pagina seguente.

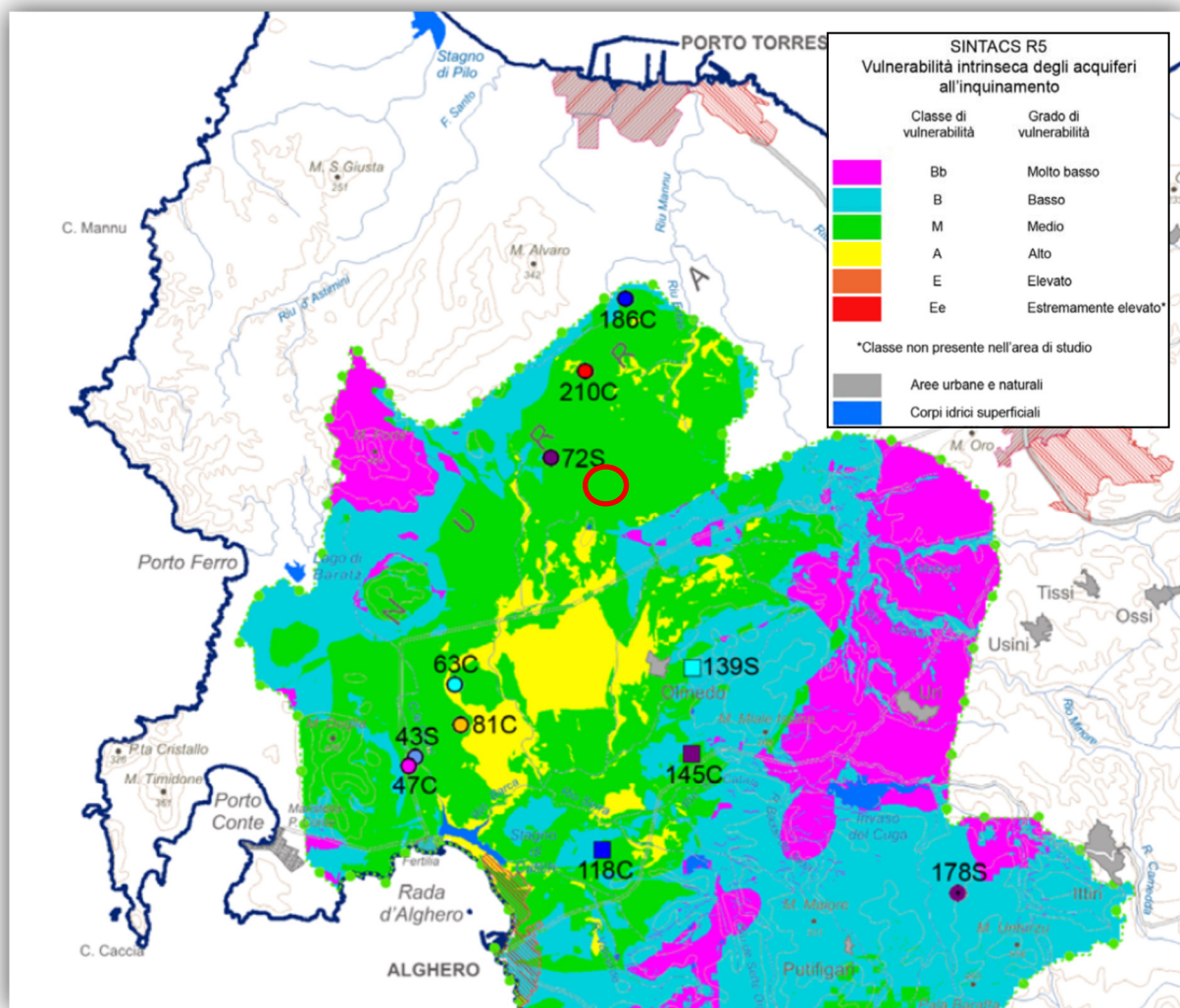


Fig. 17 – Carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento degli acquiferi; il cerchio in rosso individua schematicamente la cava Monte Nurra

## 8. POSSIBILI CONNESSIONI TRA IL SITO ESTRATTIVO E L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Uno studio approfondito del territorio diventa un punto di partenza essenziale per rilevare se vi sono connessioni tra il sito estrattivo e l'assetto idrogeologico dell'area in esame e quindi valutarne il grado di vulnerabilità all'inquinamento.

Un valido aiuto in questo senso è fornito dai modelli numerici, che consentono di simulare gli effetti generati dall'approfondimento degli scavi sulla piezometrica; se l'attività estrattiva andasse infatti ad intercettare la superficie piezometrica potrebbe generare alterazioni nell'assetto idrogeologico superficiale e sotterraneo.

Nell'area di cava, durante la realizzazione dei due pozzi, ubicati all'interno dello stesso mappale ad una distanza di appena 263 m l'uno dall'altro, sono state rinvenute due falde confinate in corrispondenza di tratti in cui il grado di fratturazione e di carsismo è risultato di maggiore entità rispetto al resto della perforazione.

Non è stata rinvenuta nessuna falda superficiale in quanto il basamento calcareo mesozoico era stato, precedentemente alla realizzazione dei pozzi, messo a nudo da un ampio sbancamento predisposto per l'attività estrattiva.

La prima falda, di modesta produttività (22 l/s), è stata rilevata tra le quote -30 e -32 m dal p.c. (p.c. = 63 m s.l.m., quindi +31 e +33 metri s.l.m.) mentre la seconda, di maggiore produttività (27 l/s), è compresa tra i -80 e i -83 metri dal p.c. (p.c. = 63 m s.l.m., quindi -17 e -20 metri s.l.m.).

Le prove a gradini di portata effettuate nel 2005 in entrambi i pozzi, hanno permesso di definire con discreta attendibilità le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero.

Sulla base di quanto riportato in letteratura, è stato possibile definire, con buona attendibilità, che l'acquifero intercettato è permeabile per fratturazione e carsismo. La sua produttività è talmente elevata che la portata massima delle pompe ( $Q = 30 \text{ l/s}$ ) installate nei due pozzi ha stimolato solo parzialmente l'acquifero mobilizzando solamente le acque che circolano nei meati più ampi.

È presumibile che anche per portate moderatamente superiori si possano avere perdite di carico trascurabili. Incrementando ulteriormente le portate verrebbero mobilizzate anche le acque contenute nelle fessure più sottili con un aumento considerevole delle perdite di carico.

Al fine di non compromettere in alcun modo l'assetto idrogeologico del territorio, intercettando la piezometrica, il progetto di coltivazione non prevede ulteriori approfondimenti oltre il livello base a +40 m slm. Gli sbassi previsti dal nuovo piano di coltivazione si fermano infatti a quota +50 m slm (come riportato nella tavola dello Stato finale di Progetto, alla quale si rimanda).

Nello schema di Fig. 18 seguente si riporta l'ubicazione del livello più basso in rapporto alla posizione delle due falde, si vede chiaramente come a protezione della prima falda a +30 m sia presente uno strato di roccia calcarea impermeabile dello spessore di 7÷9 m, mentre quella più profonda a -17 m è protetta da uno strato di 57 m. Data la profondità delle due falde e considerate le caratteristiche impermeabili del banco calcareo lasciato a protezione delle stesse, possiamo affermare che la ripresa dell'attività estrattiva con le modalità previste dal Piano di coltivazione che si intende presentare non andrà a compromettere in alcun modo il sistema idrogeologico superficiale e sotterraneo

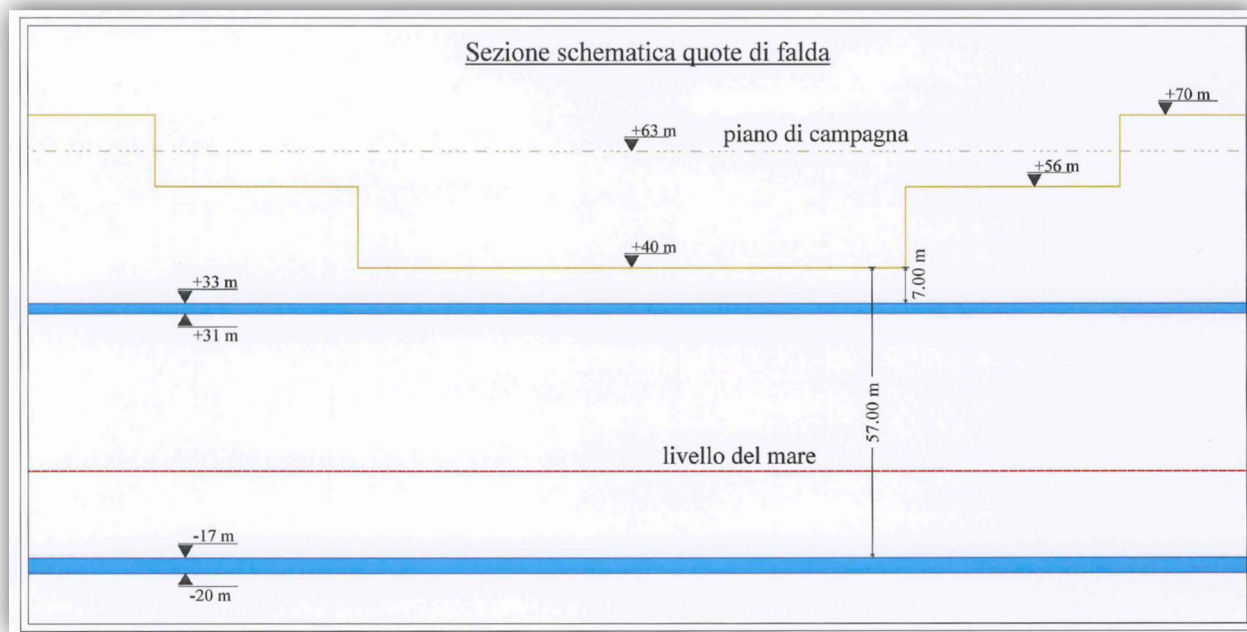


Fig. 18 – Sezione schematica delle quote della falda

## 9. COERENZA DEL PROGETTO CON LE PREVISIONI E NORME DEL PAI

### 9.1. PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELLA REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Nel Marzo 2006 è entrato definitivamente in vigore il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, P.A.I. della regione autonoma della Sardegna, che prevede una serie di limitazioni sulla pianificazione per le aree a pericolo di frana e/o di inondazione e di tutele e limitazioni sulle aree a rischio di frana e/o di inondazione.

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987, ognuno dei quali caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

L'area della cava Monte Nurra in esame ricade nel Bacino n° 3 Coghinas-Mannu-Temo.

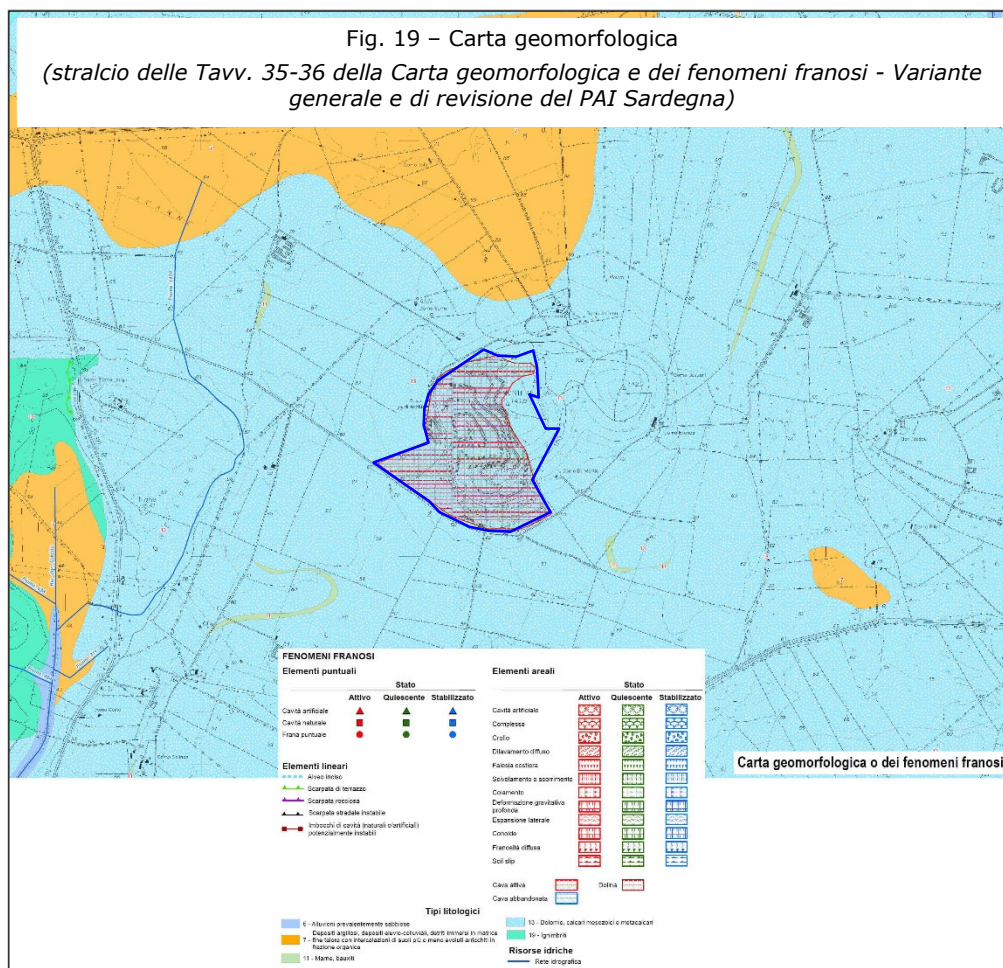
Rispetto al P.A.I. approvato nel 2006 sono state apportate alcune varianti richieste dai Comuni o comunque scaturite da nuovi studi o analisi di maggior dettaglio nelle aree interessate. Una delle varianti più significative approvate in via definitiva (del. Consiglio Istituzionale N°1 del 16 Giugno 2015) riguarda il Progetto di variante generale e revisione del P.A.I. della Regione Sardegna denominato "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub-bacino n° 3 Coghinas-Mannu-Temo". A seguito di tale revisione l'area della cava di Monte Nurra è stata inserita in classe di pericolosità geomorfologica Hg2 come evidenziato a seguire.

### Pericolosità Geomorfologica

La cartografia del PAI, per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici dell'area di cava, non rileva fenomeni attivi in atto o potenziali.

Infatti, dall'analisi della seguente Fig. 19 (precedentemente riportata in Fig. 4, e qui riproposta), estratto della *carta geomorfologica e dei fenomeni franosi* della variante al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, PAI, si evince che l'area di cava non è soggetta a processi morfologici o dissesti in atto e potenziali che possono interferire con l'attività di escavazione.

Nello specifico della carta, si vuole ribadire che in realtà l'area estrattiva di cava Monte Nurra è quella delimitata dalla perimetrazione in blu (zona D4 del PUC).



Anche dall'analisi della Fig. 20 stralcio della "carta dell'instabilità potenziale dei versanti" della variante al PAI si evince che l'area di cava presenta una instabilità potenziale dei versanti in generale limitata, salvo alcune aree a instabilità potenziale Media.

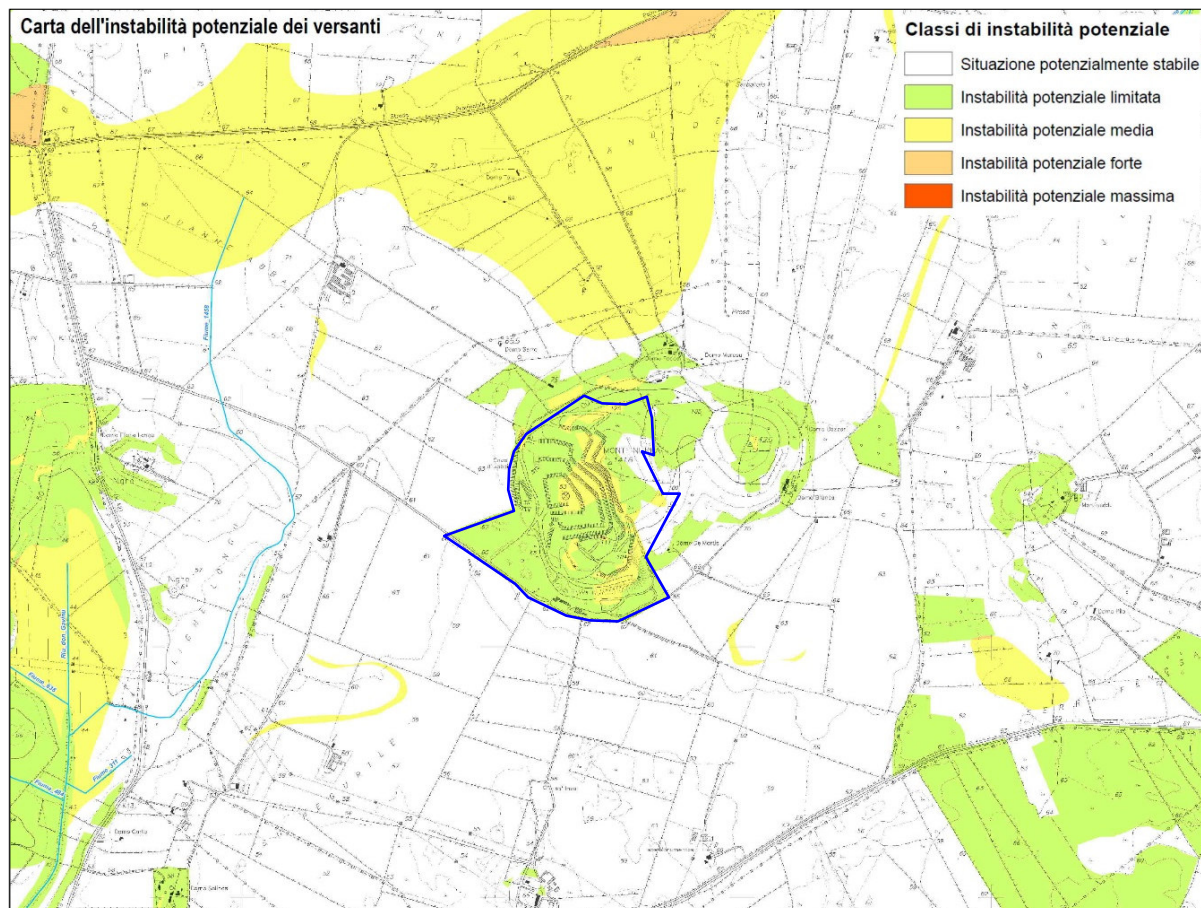


Fig. 20 – Carta dell'instabilità potenziale dei versanti  
(stralcio delle Tavv. 35-36 della Carta dell'instabilità potenziale dei versanti - Variante generale e di  
revisione del PAI Sardegna)

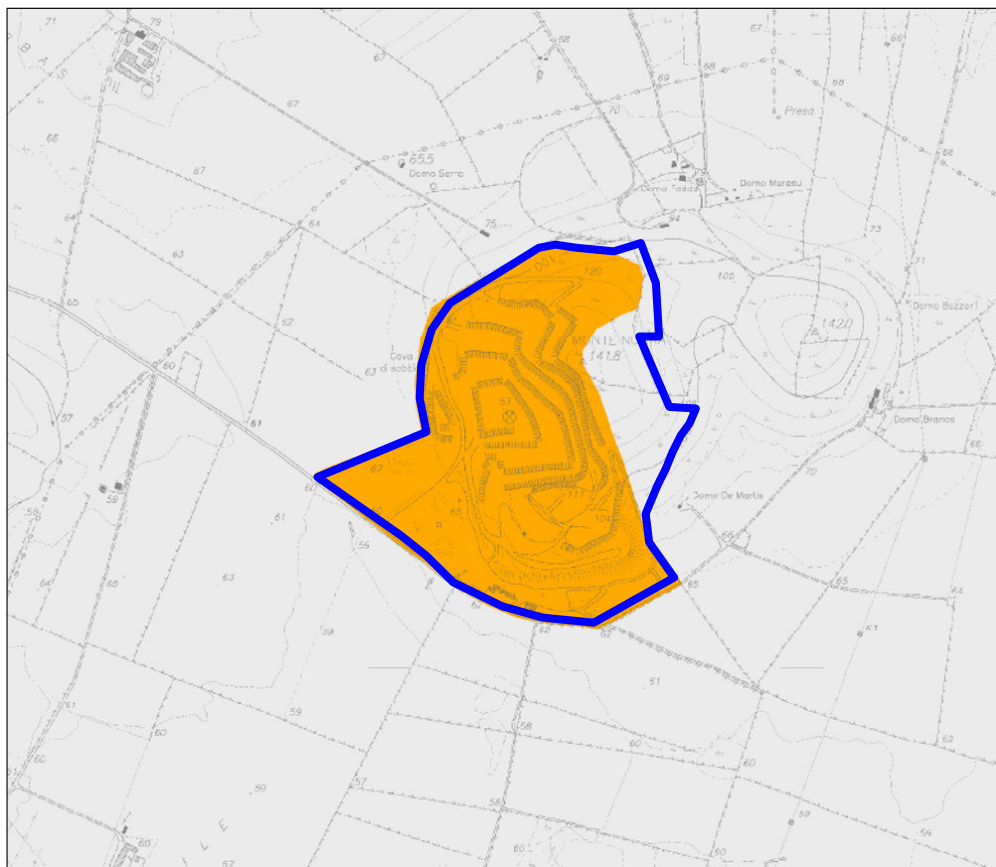
Infine, analizzando la "carta delle aree a pericolosità di frana", della variante al PAI (Fig. 21), l'area di cava è stata inserita quasi totalmente nella classe **Hg2 a pericolosità Media** probabilmente ipotizzando condizioni geologiche o morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti (come indicato in legenda). In realtà il metodo di coltivazione utilizzato per l'estrazione del materiale avviene da sempre per fette orizzontali discendenti, con la formazione di gradoni in successione; questo metodo di coltivazione permette di lavorare in condizioni di sicurezza ottimali.

Inoltre il materiale da estrarre fa parte di una sequenza litologica carbonatica disposta in strati e banchi, aventi direzione Est-Ovest e pendenti verso Sud con immersioni variabili da 10° a 25° che garantiscono la Stabilità dei fronti. Questo materiale ha inoltre buone caratteristiche meccaniche ed una notevole omogeneità, caratteristiche che comportano una notevole stabilità dei fronti, come vedremo più avanti.

Tale stabilità è inoltre ulteriormente garantita grazie agli interventi di stabilità e consolidamento dei fronti in coltivazione che verranno eseguiti sia in fase di esercizio che di ripristino finale.

L'individuazione della pericolosità di frana Hg2 in corrispondenza della cava non rappresenta quindi un reale rischio di frana ma solo un concorrere di caratteristiche geomorfologiche e lito-strutturali che possono portare ad un certo grado di dissesto, non considerando che tali condizioni sono determinate da un intervento antropico ed in particolare da attività estrattiva.

In ragione di ciò infatti, data la potenziale propensione al dissesto, le valutazioni di stabilità riportate più avanti, sono state condotte per garantire l'operatività della cava in condizioni di sicurezza per gli operatori.



| Classe | Intensità     | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |               | Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Hg1    | Moderata      | I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Hg2    | Media         | Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetto di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi              |
| Hg3    | Elevata       | Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti; zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennali |
| Hg4    | Molto elevata | Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti                                                                                                                                                                                                                |

#### SINKHOLE

| Classe | Intensità     | Descrizione                                                    |
|--------|---------------|----------------------------------------------------------------|
| Hg4    | Molto elevata | Zone in cui sono presenti fenomeni gravitativi tipo "sinkhole" |

 Limite Area in disponibilità

Fig. 21 - Carta delle aree a pericolosità di frana  
(stralcio delle Tavv. 35-36 della Carta delle aree a pericolosità di frana - Variante generale e di revisione del PAI Sardegna)

Le aree a pericolosità da frana Hg2 sono disciplinate in base all'Art. 33 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI (Testo coordinato), di seguito riportato:

**ARTICOLO 33 - Disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg2)**

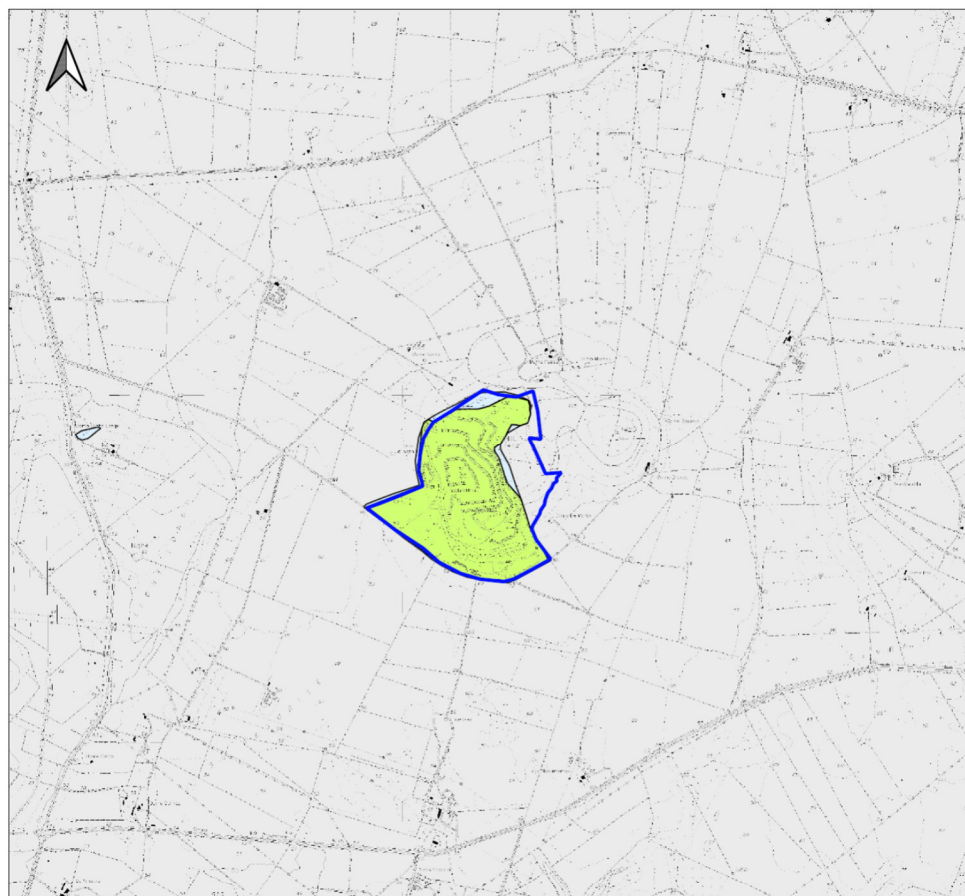
1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 31 e 32.
2. In materia di patrimonio edilizio sono inoltre consentiti esclusivamente:
  - a. gli interventi di ristrutturazione edilizia;
  - b. gli ampliamenti e le nuove costruzioni nei lotti interclusi dei centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971;
  - c. gli ampliamenti e le nuove costruzioni nelle aree libere di frangia dei centri edificati, con esclusione delle sole aree situate a monte delle costruzioni esistenti alle quote più alte dei versanti esposti alle frane;
  - d. i cambiamenti di destinazione d'uso nei centri edificati, nelle zone residenziali e nelle zone di verde privato, anche relativi ai fabbricati rurali esuberanti per la conduzione dell'azienda agricola, purché compatibili con le caratteristiche formali e strutturali preesistenti degli edifici;
  - e. i cambiamenti di destinazione d'uso al di fuori delle zone di cui alla precedente lettera d., con eventuali aumenti di superficie o volume e di carico urbanistico non superiori al 20%, a condizione di essere finalizzati a servizi pubblici e di pubblica utilità o ad attività terziarie ed attività diverse compatibili con le condizioni di pericolosità media da frana;
  - f. in tutte le zone territoriali omogenee, con esclusione delle aree con vincoli di tutela ambientale e paesistica, i recuperi a fini residenziali, esclusivamente per le necessità dei conduttori dei fondi agricoli, di edifici ed annessi rustici esistenti alla data di approvazione del PAI e divenuti non idonei alla conduzione degli stessi fondi;
  - g. la realizzazione di volumi per attività agrituristica nelle sedi delle aziende agricole;
  - h. l'ampliamento degli immobili destinati ad esercizi alberghieri o di somministrazione di pasti e bevande;
  - i. gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi.
3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità media da frana sono inoltre consentiti esclusivamente:
  - a. gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici;
  - b. l'adeguamento degli impianti esistenti di depurazione delle acque e di smaltimento dei rifiuti;
  - c. gli interventi di edilizia cimiteriale.
4. Nelle aree di pericolosità media da frana resta comunque sempre vietato realizzare nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti.
5. **Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25:**
  - a. è richiesto per gli interventi di cui al comma 2 lettere a., b., c., e., g., h., i. Per gli interventi di cui al comma 2 lettera d., l'Autorità Idraulica potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, lo studio di compatibilità geologica e geotecnica o parte di esso, in relazione alla peculiarità e entità dell'intervento;
  - b. è richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lettere a., b., c.
6. Le modifiche e gli ampliamenti relativi agli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose", eventualmente ubicati nelle aree di pericolosità media da frana, sono decise secondo il criterio di precauzione applicando le modalità di valutazione di cui al punto 6.3 dell'Allegato al decreto del Ministro dei lavori pubblici 9.5.2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Per completezza, a pagina seguente, si riporta anche quanto indicato nell'Art. 25 sopra citato:

#### ARTICOLO 25 - Studi di compatibilità geologica e geotecnica

1. *In applicazione dell'articolo 23, comma 6, lettera b., nei casi in cui è espressamente richiesto dalle presenti norme i progetti proposti per l'approvazione nelle aree di pericolosità molto elevata, elevata e media da frana sono accompagnati da uno studio di compatibilità geologica e geotecnica predisposto secondo i criteri indicati nei seguenti commi. Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica non sostituisce le valutazioni di impatto ambientale, le valutazioni di incidenza, gli studi di fattibilità, le analisi costi-benefici e gli altri atti istruttori di qualunque tipo richiesti dalle leggi dello Stato e della Regione Sardegna.*
3. *Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica:*
  - a. *è firmato da un ingegnere esperto in geotecnica e da un geologo, ciascuno per quanto di competenza, iscritti ai rispettivi albi professionali;*
  - b. *valuta il progetto con riferimento alla finalità, agli effetti ambientali;*
  - c. *analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dei dissesti attivi o potenziali dell'area interessata;*
  - d. *verifica e dimostra la coerenza del progetto con le previsioni e le norme del PAI;*
  - e. *prevede adeguate misure di mitigazione e compensazione all'eventuale incremento del pericolo e del rischio sostenibile associato agli interventi in progetto.*
4. *Nei casi in cui leggi regionali o norme di piani territoriali e piani di settore della Regione Sardegna subordinino l'approvazione di progetti localizzati in aree di pericolosità da frana alla formazione di studi geomorfologici equivalenti agli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui al presente articolo questi ultimi possono essere sostituiti dai primi a condizione che contengano elementi valutativi di pari livello e che tale equivalenza sia espressamente dichiarata dal Segretario Generale dell'Autorità di Bacino.*
5. *Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica è predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato F alle presenti norme.*
6. *I soggetti pubblici o privati titolari dell'attuazione degli interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità da frana e di rischio geomorfologico sono tenuti a formare e trasmettere alla Regione, al fine di predisporre elementi per le eventuali varianti del PAI di cui all'articolo 37, nuove mappature delle aree pericolose interessate dagli interventi elaborate alla scala della cartografia del PAI e con formati compatibili con il SIT della Regione.*
7. *È attribuita alla competenza dei comuni l'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche di attuazione del Piano di assetto idrogeologico (PAI), riferiti a interventi rientranti interamente nell'ambito territoriale comunale, inerenti al patrimonio edilizio pubblico e privato, alle opere infrastrutturali a rete o puntuali, alle opere pubbliche o di interesse pubblico nonché agli interventi inerenti l'attività di ricerca e i prelievi idrici e per la conduzione delle attività agricole, silvocolturali e pastorali. Qualora tali interventi interessino l'ambito territoriale di più comuni, ovvero per tutte le altre tipologie di intervento ed in particolare le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio, le opere in alveo e gli attraversamenti dei corsi d'acqua, la competenza all'approvazione degli studi di compatibilità idraulica e di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di bacino di cui alla legge regionale 6 dicembre 2006, n. 19 (Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici).*
8. *Laddove le presenti norme prevedano la relazione asseverata, la stessa è redatta e firmata secondo quanto indicato nel comma 3 lett.a).*

Relativamente al Rischio da frana, dalla consultazione delle Tavv. 36 e 37 (Carta delle Aree a pericolosità da frana - Studio di dettaglio e approfondimento conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub Bacino N°3 Mannu-temo), di cui si riporta uno stralcio nella Fig. 22 a pagina seguente, si osserva che l'area estrattiva di cava Monte Nurra ricade per la quasi totalità in classe di " **Rischio da frana Media Rg2**", piccole porzioni, a Nord, ricadono in classe di " **rischio da frana Moderata - Rg1**" mentre il resto dell'area di cava non è potenzialmente soggetta a rischio da frana .



**RISCHIO DA FRANA**

| Classe | Intensità     | Descrizione degli effetti                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |               | Aree studiate non soggette a rischio da frana                                                                                                                                                                                                                     |
| Rg1    | Moderato      | Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.                                                                                                                                                                                                    |
| Rg2    | Medio         | Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche                                                   |
| Rg3    | Elevato       | Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale. |
| Rg4    | Molto elevato | Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.                                                                   |

 Limite Area in disponibilità

Fig. 22 - Stralcio cartografico della "Ccarta delle Aree a rischio da frana - Tav. 36-37 con sovrapposto il perimetro (in blu) dell'area estrattiva (zona D4 del PUC) di cava Monte Nurra

### Pericolosità idraulica

Le aree a pericolosità idraulica individuate nella prima stesura del PAI (D.P.R. n. 67/2006) sono state nel tempo aggiornate e dettagliate a seguito dell'approvazione del *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e del Piano di Gestione del Rischio di alluvione (PGRA)*. Ai sensi dell'art. 40 delle NTA del PAI, le mappe del PAI per la pericolosità idraulica sono integrate da quelle del PGRA, e prendono il nome di "Mappe PAI/PGRA (aggiornate al 2025)".

La cartografia completa delle aree a pericolosità idraulica è consultabile negli elaborati del PGRA, così come aggiornate dagli studi locali di assetto idrogeologico e da ogni eventuale studio specifico e riportate al paragrafo a seguire.

La cava monte Nurra non è comunque compresa in aree a pericolosità idraulica.

Pertanto, da quanto sopra, si può affermare che il progetto di coltivazione della cava in oggetto non è in contrasto con le norme del PAI.

## 9.2. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) ha lo scopo di mitigare le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale e delle attività economiche; è disciplinato dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni') al fine di definire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, proprio per ridurre al minimo i rischi come sopra citati.

La prima versione del PGRA della Sardegna (primo ciclo di pianificazione) è stata approvata con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016 e con DPCM del 27 ottobre 2016. Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21/12/2021 e DPCM del 1 dicembre 2021 è stato approvato il *Piano di gestione del rischio di alluvioni della Sardegna per il secondo ciclo di pianificazione*.

Le mappe PAI/PGRA, sono costituite da Mappe della pericolosità da alluvione, Mappe del rischio di alluvioni e Mappe del danno potenziale e dalle Mappe delle aree di pericolosità da inondazione costiera, redatte nel rispetto della direttiva 2007/60/CE, del D.Lgs. 49/2010 e degli indirizzi operativi predisposti dai Ministeri competenti.

Le mappe di pericolosità da alluvione classificano le aree secondo tre scenari, corrispondenti alle classi di pericolosità P1, P2 e P3 definite in funzione del tempo di ritorno e dell'origine dell'alluvione (fluviale o marina), come dettagliato nella Tabella seguente.

| Origine dell'alluvione | SCENARIO A (CLASSE P1)<br>scarsa probabilità | SCENARIO B (CLASSE P2)<br>media probabilità | SCENARIO C (CLASSE P3)<br>elevata probabilità |
|------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Fluviale               | $200 < Tr \leq 500$                          | $100 \leq Tr \leq 200$                      | $Tr \leq 50$                                  |
| Marina                 | $20 \leq Tr \leq 100$                        | $2 \leq Tr \leq 20$                         | $Tr \leq 2$                                   |

Scenari di pericolosità

Le mappe del rischio di alluvione rappresentano invece i livelli di rischio derivati dall'incrocio delle tre classi di pericolosità con le classi omogenee di danno potenziale (D4 - danno potenziale molto elevato, D3 - danno potenziale elevato, D2 - danno potenziale medio e D1 - danno potenziale moderato o nullo) secondo la seguente matrice:

| Classi di Danno Potenziale | Classi di Pericolosità Idraulica |    |    |
|----------------------------|----------------------------------|----|----|
|                            | P3                               | P2 | P1 |
| D4                         | R4                               | R3 | R2 |
| D3                         | R4                               | R3 | R1 |
| D2                         | R3                               | R2 | R1 |
| D1                         | R1                               | R1 | R1 |

Matrice classi di pericolosità-classi danno potenziale

Le classi di rischio da alluvione che sono state definite sono: R4 (rischio molto elevato); R3 (rischio elevato); R2 (rischio medio) e R1 (rischio moderato o nullo).

### Pericolosità e Rischio idraulico

Nello specifico della Cava Monte Nurra, dalla consultazione delle mappe della pericolosità e del rischio da alluvione sul "Sardegna Geoportale (RAS)", aggiornate al Dicembre 2025, si evince nell'area, l'assenza di aree soggette a pericolosità e rischio da alluvione. Le aree più vicine al sito ricadono in corrispondenza del Rio Filiberto.

Infatti, quanto sopra esposto si riscontra negli stralci di Fig. 23 e Fig. 24 seguenti.



Fig. 23 - Mappa della pericolosità da alluvione (PAI/PGRA/PSFF)  
(dal geoportale della Sardegna (RAS - in rosso è l'area di cava Monte Nurra)



Fig. 24 - Mappa del rischio da alluvione (PAI/PGRA/PSFF)  
(dal geoportale della Sardegna (RAS - in rosso è l'area di cava Monte Nurra Fig. 1 – Fig. 1

## 10. CONCLUSIONI

Da quanto illustrato nel presente elaborato, si può concludere quanto segue:

- nella variante generale e revisione del P.A.I. della Regione Sardegna, riferita al quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub-bacino n° 3 Coghinas-Mannu-Temo, nel quale è inserita la cava Monte Nurra, l'area di cava è stata classificata a *pericolosità geomorfologica media Hg2*;
- a tale proposito, c'è da specificare che in realtà l'assegnazione a tale classificazione non rappresenta un reale rischio di frana ma solo un concorrere di caratteristiche geomorfologiche e lito-strutturali che possono portare ad un certo grado di dissesto, non considerando che tali condizioni sono determinate da un intervento antropico ed in particolare da attività estrattiva. Infatti la cartografia del PAI, per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici nell'area di cava, non rileva fenomeni attivi in atto o potenziali che possono interferire con l'attività di escavazione;
- data, comunque, la potenziale propensione al dissesto, sono state condotte delle verifiche di stabilità sui versanti nelle condizioni più sfavorevoli, ante e post operam (vedere studio di compatibilità geologica e geotecnica), dalle quali i versanti esaminati sono risultati stabili, con valori del coefficiente di sicurezza minimo ( $F_s$ ) tutti al di sopra del limite di legge consentiti;
- relativamente agli aspetti idraulici, dalla consultazione delle mappe della pericolosità e del rischio da alluvione (Sardegna Geoportale - RAS), aggiornate al Dicembre 2025, si evince che l'area della cava Monte Nurra non è soggetta a pericolosità e rischio da alluvione. Le aree a pericolosità idraulica più vicine al sito ricadono in corrispondenza del Rio Filibertu, presente a 1,5 Km circa a Sud-Ovest.
- si vuole comunque ribadire che, nel complesso, la cava Monte Nurra, grazie ad un razionale e rigoroso sfruttamento delle risorse naturali, nel pieno rispetto della normativa vigente, non ha creato e non crea danni significativi all'ambiente ed al territorio circostante. Infatti è utile ricordare che, sia durante e sia al termine dell'attività estrattiva, verranno messi in atto una serie di interventi di recupero ambientale che consentiranno una riqualificazione dell'area di cava in perfetta armonia con il contesto territoriale in cui la stessa si inserisce.

In conclusione quindi, in considerazione degli aspetti trattati, si può asserire che il progetto di coltivazione della cava Monte Nurra non aumenta il livello di pericolosità e di rischio esistente (idraulico e da frana) e non peggiora le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli, risultando del tutto compatibile anche con le condizioni ambientali tipiche dei luoghi circostanti.