

Sommario

1.0 – PREMESSA	3
2.0 - ANALISI STORICA	5
3.0 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
4.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
5.0 - INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E OROGRAFICO	17
6.0 - DINAMICHE DI EVOLUZIONE DEI VERSANTI	18
7.0 - CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI (BENIAWSKI, ROMANA)	39
8.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI	52
9.0 - CARATTERI CLIMATICI	54
10.0 - CLASSIFICAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' DI FRANA	57
11.0 - METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PERIMETRAZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA	60
11.1 - INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI	61
11.2 - ATTRIBUZIONE DEI PESI	62
11.2.1 - Pendenza dei versanti	62
11.2.2 Litologia	62
11.2.3 Uso del suolo	65
11.2.4 CLASSI DI INSTABILITÀ POTENZIALE DEL SETTORE DI STUDIO	67
11.3 ALTRI TEMATISMI DI VERIFICA	68
11.3.1 ESPOSIZIONE	68
11.3.2 FATTORI CLIMATICI	69
12.0 CARTA GEOMORFOLOGICA (CARTA DEI FENOMENI FRANOSI)	69
13.0 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA	71
14.0 ALLEGATI CARTOGRAFICI	75
15.0 CONCLUSIONI	76

Allegati

TAVOLA 1.0 - CARTA GEOLOGICA; (scala 1:10.000);

TAVOLA 2.0 - CARTA USO DEL SUOLO; (scala 1:10.000);

TAVOLA 3.0 - CARTA DELLE PENDENZE; (scala 1:10.000);

TAVOLA 4.0 - CARTA DELLE INSTABILITÀ POTENZIALI; (scala 1:10.000);

TAVOLA 5.0 - CARTA GEOMORFOLOGICA; (scala 1:10.000);

TAVOLA 6.0 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA; (scala 1:10.000);

TAVOLA 6.1 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA NURAMINIS; (scala :2.000);

TAVOLA 6.2 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DI FRANA VILLAGRECA; (scala 1:1.000);

TAVOLA 7.0 - CARTA SEZIONI GEOLOGICHE AB CD E EF; (scala 1:2.000).

1.0 – PREMESSA

Il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica, esteso all'intero territorio comunale di Nuraminis, è stato redatto dagli scriventi, Geol. Roberto Zedda e Ing. Laura Cappelli, in seguito all'incarico conferitoci dall'Amministrazione Comunale di Nuraminis (CA) nell'anno 2015, in ottemperanza della L.R 30.2011 n. 12 art. 16 comma 6 – Assegnazione risorse finanziarie da destinare, quale contributo, agli enti locali per la gestione del P.A.I., nell'ambito della pianificazione locale. In forza dell'art. 16 comma 6, della L.R. 12/2011 e ss.mm.ii., sono state stanziare nel bilancio regionale, apposite risorse finanziarie “da destinare come contributi agli enti locali per la gestione del P.A.I., nell'ambito della pianificazione locale ai sensi degli articoli 4, 8 e 26 delle norme di attuazione del PAI, nonché per la predisposizione delle proposte di variante conseguenti alla realizzazione delle opere di prevenzione del rischio.

In particolare lo studio è stato redatto principalmente ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle norme di attuazione (N.A.) del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.): *“Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal P.A.I., in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e, di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni, tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica, predisposti in osservanza degli articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione”*.

L'art. 26 delle N.A. del PAI (aree pericolose non perimetrate nella cartografia del piano) al comma 2 enuncia che *“possiedono significativa pericolosità geomorfologica le seguenti tipologie di aree di versante appartenenti al bacino unico della Regione Sardegna: a) le aree a franosità diffusa (in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del PAI); b) aree costiere a falesia; c) aree interessate da fenomeni di subsidenza”*.

Inoltre tale studio prevede il completamento, tramite redazione della relativa variante al PAI, dello studio già approvato redatto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI.

Secondo quanto contenuto nel succitato articolo (art. 8 comma 2), lo scopo della presente relazione di compatibilità geologica e geotecnica è quello di pianificare e programmare le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa alla

valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Tale studio si estende all'intero territorio comunale di Nuraminis, che presenta un'estensione di circa 45.25 Km².

L'analisi dell'assetto geomorfologico estesa a tutto il territorio comunale, ai sensi delle NA del PAI, è finalizzata all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10.000 per le aree extraurbane ed almeno 1:2.000 per le aree urbane).

In particolare lo studio è finalizzato a conoscere le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litologiche, idrauliche, d'uso del suolo e della stabilità dei versanti dell'area oggetto di studio, così da individuare i possibili rischi di natura geologica, idrogeologica e geomorfologica che potrebbero condizionare le potenziali fruizioni del territorio, nell'osservanza della normativa vigente in relazione alla realizzazione di opere pubbliche, di pubblico interesse, o private, con riferimento a quanto richiesto dal:

• **D.M. 14 gennaio 2008** - (*Norme Tecniche sulle Costruzioni*) e dal **D.M. 11 marzo 1988** - (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*);

• **P.A.I.** - (*Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna*), ai sensi della legge regionale 4/2006 art. 21 comma 4 è stato approvato con D.P.G.R. N. 67 del 10 luglio 2006, *Interventi sulla rete idrografica e sui versanti*, adottato ai sensi della legge 18.05.1989, n. 183, approvato, e del decreto legge n. 180/1998 con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione;

• **L.R. Sarda 22.12.1989, n. 45** - "*Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale, e successive modifiche e integrazioni*".

Le fasi di studio previste sono le seguenti:

Fase I: individuazione delle aree a pericolosità di frana;

Fase II: perimetrazione delle aree a rischio frana (tramite successiva redazione della relativa variante al PAI, dello studio già approvato redatto ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI).

Le fasi di studio hanno come obiettivo la perimetrazione e classificazione, mediante la predisposizione delle relative carte tematiche necessarie a tale valutazione, delle aree a pericolosità e a rischio di frana estese all'intero territorio comunale; le perimetrazioni devono fornire al Comune uno strumento, il più possibile completo, mediante il quale sia

possibile pianificare e programmare le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio esaminato.

Il rilevamento, in alcune aree, è stato condizionato dall' impossibilità di accesso ai luoghi e alle proprietà private, e in particolare modo in prossimità dei centri abitati e all'interno delle aree interessate da cantieri (cave).

2.0 - ANALISI STORICA

L'analisi storica ha avuto come obiettivo principale l'individuazione di eventuali aree a pericolosità e rischio di frana nel territorio oggetto di studio ed è stata eseguita secondo il seguente procedimento:

- Studio bibliografico e consultazione dei principali siti internet che mettono a disposizione dati storici relativi a piene e frane;
- Ricerca cartografica;
- Ricerche di testimonianze storiche di particolari eventi di piene e frane;
- Consultazione degli uffici comunali per la ricerca di documentazione relativa a fenomeni franosi;
- Indagine sul territorio.

L'analisi dei dati riportati in letteratura sono stati integrati da numerosi sopralluoghi nel territorio di studio. L'esame della bibliografia presente non ha permesso di trovare nessun dato relativo a movimenti franosi in atto nel territorio comunale di Nuraminis (IFFI, Inventario dei fenomeni franosi in Italia);

A sostegno di tale studio ci siamo avvalsi di dati bibliografici, informazioni e documenti forniteci dall'ufficio tecnico comunale, ed in particolare sono stati consultati gli studi utilizzati per l'elaborazione del Piano Urbanistico Comunale e gli studi geologici eseguiti per realizzare alcune opere di consolidamento idraulico nell'abitato di Nuraminis, in prossimità del "Riu Gloria".

Relativamente al centro abitato di Nuraminis e Villagreca, di recente, è stata presentata una perimetrazione, ai sensi dell'articolo 8 comma 2 delle N.A. del PAI, delle aree a pericolosità di frana e idraulica per l'approvazione del piano particolareggiato del centro storico.

3.0 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di riferimento è situata nella Sardegna meridionale e comprende l'intero territorio comunale di Nuraminis.

Dal punto di vista cartografico, l'area in esame è individuata come segue:

- Carta Tecnica Regionale, Sezioni n. 548130, 548090, 547120; 547160 in scala 1:10.000;
- Carta d'Italia in scala 1:100.000 Foglio 548 Senorbì;
- Carta geologica in scala 1:25.000 disponibile presso l'Assessorato degli E.E.L.L. Finanze e Urbanistica della Regione Autonoma della Sardegna;
- Carta d'Italia in scala 1:25.000 fogli n. 547, sez. II Serramanna, e n. 548, S3 Donori;
- Rilievo aerofotogrammetrico dei centri abitati di Nuraminis e Villagreca rispettivamente in scala 1: 2.000 e in scala 1: 1.000.

4.0 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per la determinazione delle caratteristiche geologiche, dell'area oggetto del presente studio, si è tenuto conto della bibliografia esistente e del rilevamento geologico comprendente pure una vasta area di terreno circostante.

Il territorio comunale di Nuraminis è ubicato nella Sardegna centro meridionale e ricade nella provincia di Cagliari. Il paesaggio è caratterizzato prevalentemente da una morfologia pianeggiante e collinare man mano che ci spostiamo nella regione della "Trexenta".

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

- ☐ Depositi antropici. Discariche per inerti. OLOCENE;
- ☐ Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE;

Si tratta in generale di depositi o accumuli di modeste dimensioni, di origine antropica, legati soprattutto agli scarti di lavorazione o da materiali di riporto. Non presentano una pericolosità geomorfologica e sono ubicati, a est rispetto agli abitati di Nuraminis e Villagrecia, rappresentati da piccolissime porzioni di territorio.

- ☐ Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE

Sono le unità litologiche maggiormente riscontrate in prossimità e a est dei centri abitati, sono rappresentate da depositi detritici terrigeni, poco cementati. Le coltri sono il prodotto di una sedimentazione colluviale in ambiente subaereo, in cui il maggior apporto è dovuto alle acque di scorrimento superficiale o alla stessa alterazione dei depositi di sedime arenaceo marnosi presenti in questo settore. La composizione granulometrica è rappresentata prevalentemente da limi e sabbie argillose, talora ciottolose, in funzione delle caratteristiche originarie delle rocce sottoposte al dilavamento dei versanti collinari. Nelle aree prossime ai rilievi collinari, in generale, prevale una matrice grossolana costituita da conglomerati e sabbie con scheletro detritico prevalente rispetto alla stessa frazione fine.

Solitamente presentano un colore scuro, per l'accumulo di materia organica, e sono delle terre pseudo-coerenti e solo raramente sono del tutto incoerenti in funzione della granulometria riscontrabile.

Tali terreni in genere, se non si trovano in versanti ad elevata energia di rilievo, non creano nessun problema dal punto di vista geologico e geomorfologico ma considerata l'elevata componente fine (limi e argille) necessitano di una caratterizzazione geotecnica accurata se devono sopportare carichi strutturali in funzione dei possibili cedimenti che potrebbero generarsi.

- ☐ Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE;
- ☐ Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. OLOCENE;
- ☐ Depositi alluvionali terrazzati. Limi ed argille. OLOCENE;
- ☐ Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE;

Si tratta principalmente di depositi alluvionali, a composizione variabile da depositi grossolani costituiti da ghiaie, da grossolane a medie, a depositi ghiaiosi sabbiosi o sabbiosi con subordinati limi ed argille o ancora costituiti da limi e argille.

In generale presentano uno spessore di 6-8 metri, un costipamento medio e, ad esclusione dei depositi limosi e argillosi, presentano un'elevata porosità e permeabilità che favorisce la formazione di una falda con livello piezometrico a circa 6-8 metri di profondità. Non presentano una pericolosità geomorfologica e generalmente sono terreni granulari incoerenti, sia grossolani sia fini; presentano un comportamento geo-meccanico abbastanza buono, comunque da analizzare ogni qualvolta siano previsti interventi ingegneristici anche in funzione delle oscillazioni delle falde presenti nel settore.

- ☐ Depositi Palustri. Argille molto plastiche, localmente ricche di materia organica. OLOCENE;

Affiorano localmente, su una piccola superficie, in località “Pauli Mannu”, in prossimità della Strada Provinciale che da Nuraminis porta a Samatzai; I Depositi Palustri e Lacustri sono caratterizzati da argille molto plastiche, localmente ricche di materia organica. Tali terreni in genere non creano nessun problema dal punto di vista geologico e geomorfologico ma considerata l'elevata componente fine (limi e argille) necessitano di una caratterizzazione geotecnica accurata se devono sopportare carichi strutturali in funzione dei possibili cedimenti che potrebbero generarsi.

- ☐ Depositi Palustri e Lacustri attuali. Argille molto plastiche, localmente ricche di materia organica. OLOCENE;

I depositi palustri e lacustri si riscontrano in località “Pauli Orri” rappresentati da argille molto plastiche e localmente ricche di materia organica. Essi sono situati a Ovest dell'abitato di Nuraminis e sono attraversati dalla strada Provinciale che da Nuraminis porta a Serramanna. Si tratta di depositi cartografati come attuali in quanto sono ottenuti

dalla bonifica dell'ex Stagno di Nuraminis, bonificato in epoca storica. Lo stagno occupava una valle orientata in direzione N-S. Tali terreni in genere non creano nessun problema dal punto di vista geologico e geomorfologico ma considerata l'elevata componente fine (limi e argille) necessitano di una caratterizzazione geotecnica accurata se devono sopportare carichi strutturali in funzione dei possibili cedimenti che potrebbero generarsi.

- Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE:

Si tratta principalmente di corpi di frana antichi costituiti talora da accumuli di grossi blocchi in giacitura caotica.

Si riscontrano principalmente a ridosso o in prossimità della dorsale calcarea che si estende da Monte "Coa Margine" fino a "Monte Matta Muronis".

Questi depositi presentano una pericolosità geomorfologica e potrebbero generare fenomeni franosi.

DEPOSITI PLEISTOCENICI

- LITOFACIES NEL SUBSISTEMA DI POTOSCUSO (SISTEMA DI PORTOSCUSO). PLEISTOCENE SUP.

Sono depositi di conoide di pianura alluvionale ed in particolare ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Si riscontrano a ovest degli abitati di Villagrecia e Nuraminis e alcuni piccoli lembi a sud di Nuraminis.

Tali terreni in genere non creano nessun problema dal punto di vista geologico e geomorfologico ma necessitano di una caratterizzazione geotecnica accurata se devono sopportare carichi strutturali in funzione dei possibili cedimenti che potrebbero generarsi per l'eventuale presenza di sacche limoso-argillose.

SUCCESSIONE VULCANO SEDIMENTARIA DEL TERZIARIO

DEPOSITI DEL CICLO MIOCENICO

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

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

Affiorano in prossimità e a ovest rispetto alla strada statale 131, tra Nuraminis e Villagreca; si tratta di un'unità rappresentata da marne e marne siltose, di colore grigio chiaro-nocciola passante al giallastro per alterazione, disposte in straterelli centimetrici laminati che si alternano con arenarie ben cementate e stratificate, a giacitura variabile ma con prevalenza sub-parallela. Spesso si intercalano dei banchi marnoso arenacei contenenti elementi vulcanoclastici e frustoli carboniosi. In particolare alcuni livelli epiclastici sono intercalati nella parte alta della successione marnoso arenacea (tufi pomicei) e consistono in livelli di tufi con grosse pomici, anche di diversi centimetri, associati ad arenarie feldspatiche molto grossolane, osservabili nell'area a sud di Nuraminis. Dal punto di vista litotecnico siamo in presenza di una roccia sedimentaria con comportamento variabile da lapideo (arenarie fini e grossolane molto compatte e cementate e/o marne arenacee ben stratificate) a terreno semicoerente (marne argillose molto fratturate o alterate); in generale non presentano una pericolosità geomorfologica ma è opportuna un'accurata valutazione nel caso si dovessero realizzare opere di ingegneria civile, anche in funzione della giacitura degli strati.

- FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO;

Si tratta di alternanze marnoso-arenacee giallognole, ad elevata componente vulcanica di ambiente marino distale, ricche in foraminiferi e altri organismi planctonici.

Le giaciture sono sub-orizzontali, con inclinazioni generali inferiori a 10°.

Sono sequenze monotone in cui a volte prevalgono i livelli marnosi, altre quelli arenacei più competenti, compatti e grossolani.

In generale siamo in presenza, dal punto di vista litotecnico, di una roccia sedimentaria con comportamento variabile da lapideo (arenarie fini e grossolane molto compatte e cementate e/o marne arenacee ben stratificate) a terreno semicoerente (marne argillose molto fratturate o alterate).

In generale, ad eccezione di piccole aree caratterizzate da elevate pendenze dove si intravedono fenomeni di dilavamento, non presentano una pericolosità geomorfologica ma tuttavia è consigliata un'accurata valutazione nel caso si realizzassero opere di ingegneria civile, anche in funzione della giacitura degli strati.

- **CALCARI DI VILLAGRECA.** Calcari bioclastici e biocostruiti (bioherme a coralli -Porites- e briozoi, e biostromi ad alghe -Lithothamnium- e molluschi -Ostrea edulis lamellosa) AQUITANIANO INF.;

I calcari di Villagrecà, nel settore di Nuraminis, formano una dorsale che caratterizza, con il notevole rilievo, il bordo orientale della pianura del Campidano.

La dorsale è costituita da calcari miocenici, di colore variabile dal grigio chiaro al beige, coralligeni, rappresentati da diverse bancate di spessore variabile da metrico a decimetrico, che raggiungono uno spessore totale superiore a 30 metri, in giacitura variabile da sub-orizzontale a debolmente inclinata.

Localmente è presente un intenso grado di fratturazione che oblitera la stratificazione.

Affiorano principalmente a nord-est e a est dell'area di studio, a partire dal rilievo "M. Coa Margine" la dorsale si estende con continuità fino al "Monte Su Crucuri" e "Monte Matta Murronis"; piccoli affioramenti si trovano a nord e in prossimità del centro abitato di Villagrecà e a est in località "Nuraxi".

Nel settore di "Monte Coa Margine", "Gutturu Droxiu" e "Sa Corona" la dorsale, rappresentata da calcareniti e calciruditi talora ben stratificati, presenta morfologie caratterizzate da pareti a strapiombo e da versanti particolarmente acclivi con ampi settori caratterizzati da intensa fratturazione e piccole cavità carsiche.

Tali fratturazioni rappresentano fenomeni predisponenti manifestazioni franose ed in particolare riconducibili a frane di crollo e ribaltamento che analizzeremo in modo approfondito nei paragrafi successivi.

Nel resto della dorsale ed in particolare a "Monte Su Crucuri" e "Monte Matta Murronis" sono presenti fenomeni riconducibili a movimenti franosi, lungo l'intaglio del versante di una cava (M. Su Crucuri), e potenziale instabilità nel resto della dorsale e in prossimità dei suoi versanti, che descriveremo in seguito nel dettaglio.

- **FORMAZIONE DI NURALLAO (CONGLOMERATO DI DUIDDURU E ARENARIE DI SERRA LONGA); OLIGOCENE SUPERIORE-BURDIGALIANO INFERIORE**

La Formazione di Nurallao è suddivisa in due membri in base alla profondità di sedimentazione: conglomerato di Duidduru e arenarie di Serra Longa.

La formazione di Nurallao occupa ampi spazi del territorio comunale di Nuraminis a est della strada statale 131.

In particolare il conglomerato di Duidduru è rappresentato da depositi conglomeratici e sabbie con locali livelli di biocalcareni, talvolta con componente vulcanica. In generale sono il prodotto ottenuto a spese del basamento cristallino paleozoico e in particolare del substrato rimaneggiato costituito in prevalenza dalle arenarie di San Vito e localmente da rocce granitoidi.

Le arenarie di Serra Longa sono rappresentate da bancate di arenarie fossilifere e biocalcareni, con cementazione variabile, con presenza di livelli di ciottoli paleozoici.

L'ambiente deposizionale è variabile da transizionale a marino litorale.

Gli affioramenti principali si riscontrano in località "Monte Su Crucuri", "Monte Matta Muronis" e "Palas De Grutta" e da qua affiorano con continuità fino ai confini meridionali del territorio.

In generale, ad eccezione delle aree dove sono presenti cantieri e cave e limitate aree caratterizzate da elevate pendenze, queste litologie non presentano una pericolosità geomorfologica.

Localmente queste formazioni, là dove sono presenti cantieri e cave, sono caratterizzate dalla presenza di sabbie molto pulite che vengono cavate; queste aree in generale sono inaccessibili e per quanto visibile si tratta di aree degradate caratterizzate da potenziali fenomeni franosi, orli di scarpate, e fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato nei piazzali.

□ **FORMAZIONE DI USSANA.** (OLIGOCENE SUP.-AQUITANIANO INF).

E' una formazione composta da conglomerati, arenarie e argille, di colore variabile ora giallo-rossastre, rosso-violacee, ora grigiastre. Le arenarie e i conglomerati sono rappresentate da clasti e rocce del basamento paleozoico (quarzo, granito, porfido, scisti metamorfici) e localmente anche di andesite. Le argille talora siltose, piritose e ricche di resti vegetali, si intercalano ai conglomerati.

Questa formazione, costituita principalmente da depositi clastici e conglomeratici, rappresenta la base della sequenza sedimentaria marina oligo-miocenica. L'ambiente di sedimentazione è prevalentemente continentale e talora transizionale di ambiente fluviale o fluvio-deltizia. I depositi presentano una scarsa stratificazione e si riscontrano corpi sedimentari lenticolari di conglomerati o arenarie grossolane caratterizzati da un grado di addensamento e cementazione variabile da medio ad elevato. Localmente si riscontrano dei depositi poco cementati o incoerenti rappresentati da conglomerati e sabbie che si prestano all'attività estrattiva per uso edilizio e/o stradale.

Questa formazione si rileva ad est della strada statale “Carlo Felice”, presso Nuraminis, procedendo da sud verso nord, in località “Serra Sa Scrocca”, “Monte Nieddu”, “Bruncu Sa Gloria” fino alla regione “S’Acqua Sassa”; in generale da sud verso nord si passa da conglomerati ed argille rosse a conglomerati ed argille in prevalenza grigie, fossilifere, a molluschi lagunari e resti vegetali silicizzati.

Dal punto di vista litotecnico si tratta di depositi granulari, sia grossolani che fini, caratterizzati talora da un elevato grado di addensamento e cementazione, che conferiscono a questi depositi un carattere lapideo, e talvolta da una scarso addensamento e una scarsa cementazione che attribuiscono ai depositi scarse caratteristiche geomeccaniche. Alcuni areali, in prossimità di pendenze superiori a 25% presentano fenomeni di dilavamento superficiale.

SUCCESSIONE VULCANICA OLIGO MIOCENICA

- ANDESITI ANFIBOLICHE DI MONTE MANNU. Andesiti massive, porfiriche per fenocristalli di Am e Pl, di colore da grigio scuro a verdastro per alterazione; in domi, dicchi ed espandimenti lavici, con facies periferiche autobrecciate. OLIGOCENE;
- IGNIMBRITE DI MONTE IBERA. Deposito di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, di colore grigio, in banchi saldati e parzialmente saldati, ricco in pomici e frammenti litici di andesiti violacee e verdastre, con cristalli liberi di Pl, Am, Qtz e Bt. OLIGOCENE SUP.;
- ANDESITI DI MONTE OLADRI. Andesiti ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Am e Px; in ammassi anche ipoabissali; facies periferiche autobrecciate. (27.3 ± 1.9 Ma, 28.0 ± 1.3 OLIGOCENE sup. (CHATTIANO);
- ANDESITI DI MONTE ZARA. Andesiti e andesiti basaltiche, ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Am e Px; in ammassi anche ipoabissali, facies periferiche autobrecciate. OLIGOCENE SUP.(CHATTIANO)

Le andesiti e le ignimbriti rappresentano i prodotti della successione vulcanica oligo-miocenica, presente nel nostro settore di studio, e affiorano in lembi isolati dalle coperture quaternarie. In questo settore le vulcaniti giacciono interposte in depositi continentali, rappresentati alla base dalle “arenarie del Cixerri” e alla sommità dalla “formazione di Ussana”. L'affioramento più rilevante è quello delle andesiti anfiboliche di Monte Mannu, che si trova a NE di Villagrecia, rappresentato principalmente nel rilievo di "M. Leonaxi", che riproduce un domo andesitico. Litologicamente spiccano le lave massive, di colore nerastro e grigio nerastro, variabile a verdastro o violaceo nella roccia

maggiormente alterata. (struttura porfirica per fenocristalli di plagioclasio, anfibolo e rari quarzo e biotite). A sud di "M. Leonaxi" ed alla periferia di Nuraminis affiorano breccie costituite da elementi di andesite da clasto-sostenute a matrice sostenute che rappresentano accumuli di porzioni laviche. Le ignimbriti di Monte Ibera sono rappresentate, a NE e a E dell'abitato di Villagreca, da un flusso piroclastico in facies ignimbratica, in banchi metrici saldati, alternati a livelli meno saldati. La matrice è di colore grigio e talvolta violaceo e presentano un'associazione mineralogica simile alle andesiti di Monte Mannu.

Le andesiti di Monte Oladri affiorano a sud-est di Nuraminis e vanno a formare dei piccoli rilievi collinari che si raccordano dolcemente con la sottostante pianura.

In affioramento si presentano come lave massive di colore variabile dal grigio nerastro a bruno rossastro e presentano un'associazione mineralogica simile alle andesiti di Monte Mannu. Le andesiti di Monte Zara, affioranti ad est dell'abitato di Villagreca, rappresentano gli ultimi prodotti del vulcanismo oligo-miocenico del settore di studio.

Sono di colore variabile dal grigio-nerastro al bruno-rossastro e mostrano una tessitura porfirica per fenocristalli di plagioclasio e pirosseno. Nella parte sommitale presentano una tessitura bollosa.

In generale le andesiti presentano caratteristiche geo-strutturali abbastanza buone con livelli di alterazione superficiali modeste; Tuttavia nel rilievo di "M. Leonaxi", in prossimità di una vecchia cava (scavo?), sono presenti indicazioni morfologiche, rispetto alle porzioni superficiali dell'ammasso roccioso, di potenziale pericolosità di frana (caduta massi). In particolare l'ammasso roccioso superficiale presenta dei sistemi di fratturazione che in tanti casi lo scompongono in blocchi e di conseguenza potrebbero generare piccoli movimenti franosi. In generale considerate le buone caratteristiche geomeccaniche delle vulcaniti (ben visibile nel taglio della cava) possiamo presumere che certe fratturazioni siano dovute principalmente alle attività della vecchia cava stessa in quanto si trovano alla sommità di questa.

Il resto dei versanti andesitici presenti in località "Perderas" sono potenzialmente sfavorevoli alla stabilità solamente nel caso in cui il versante fosse interessato da interventi antropici, in particolar modo nel caso di scavi sui versanti realizzati in modo scorretto. Per questi siti è necessaria un'attenta valutazione delle caratteristiche geostutturali nel caso si realizzassero interventi ingegneristici.

Di seguito vengono rappresentate alcune immagini relative al "Monte Leonaxi" in prossimità dell'area di cava.



Figura 1 (area di scavo del "Monte Leonaxi")



Figura 2 (fratturazione superficiale dell'ammasso roccioso a monte dello scavo nel "Monte Leonaxi")

SUCCESSIONE SEDIMENTARIA PALEOGENICA

□ FORMAZIONE DEL CIXERRI. EOCENE MEDIO-?OLIGOCENE SUP.

È costituita litologicamente da un alternanza di arenarie quarzoso-feldspatiche, in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici, debolmente cementati, e argille e siltiti di colore rossastro. L'ambiente deposizionale è continentale fluvio-lacustre e subordinatamente lagunare.

I principali affioramenti di questa formazione affiorano a SE dell'abitato di Nuraminis e a NE dell'abitato di Villagreca. In particolare a SE di Nuraminis questa formazione si trova in località "Sa Scrocca" rappresentata da arenarie ed argille siltose.

A NE dell'abitato di Villagreca si trova un notevole affioramento in località "Cuccuru Bentus" dove le arenarie risultano intercalate ad argille rosso violacee.

Queste litologie localmente, là dove si hanno pendenze elevate, tendono ad essere erose e si formano delle superfici caratterizzate da fenomeni di dilavamento.

BASAMENTO METAMORFICO PALEOZOICO

□ ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti con laminazioni piano-parallele ed incrociate. CAMBRIANO MEDIO-ORDOVICIANO INF.

Le arenarie di San Vito, che rappresentano il basamento metamorfico lapideo scistoso e fratturato, sono rappresentate in questo settore da una serie di scisti sericitici e di arenarie quarzoso-sericitiche in alternanza, potente una trentina di metri circa.

Si trovano a nord e a sud est dell'abitato di Villagreca, rispettivamente in regione "Matta Abbruxiada" e a sud-ovest di "Monte Su Cruccuri" e "Monte Matta Murroni".

Dal punto di vista litologico si tratta di una roccia lapidea, caratterizzata da elevate caratteristiche geo-meccaniche in funzione della portanza. Queste litologie in generale non presentano una pericolosità geomorfologica ma considerate le numerose famiglie di discontinuità presenti in alcuni settori è necessaria un'attenta valutazione nel caso si realizzassero opere di ingegneria civile, anche in funzione della giacitura degli strati e della fratturazione degli stessi. Inoltre in località "Matta Abbruxiada" lungo i versanti sono presenti dei tagli, di origine antropica, e falde e coni di detrito soggetti a fenomeni di erosione.

5.0 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E OROGRAFICO

L'evoluzione geomorfologia del settore oggetto di studio è stata influenzata dalla combinazione di processi di carattere endogeno ed esogeno e dalle caratteristiche strutturali e litologiche dei terreni affioranti, sia in relazione alle caratteristiche mineralogico-petrografiche sia in relazione alla loro resistenza ai processi esogeni.

Dal punto di vista morfologico il territorio di studio è caratterizzato principalmente da una morfologia pianeggiante e solo ad est della Strada Statale 131 si riscontra una morfologia collinare, man mano che ci spostiamo verso la regione della "Trexenta".

In particolare l'area occidentale, rispetto ai centri abitati, è caratterizzata da una serie di terrazzi alluvionali antichi, debolmente inclinati verso ovest, che giacciono alla quota di circa 100 m s.l.m..

Il settore orientale è caratterizzato dalla presenza di rilievi collinari isolati con quote variabili da 143 metri a 257 metri circa del "M.te Coa Margine".

Tra questi rilievi, tutti posizionati a est dei centri abitati di Villagreca e Nuraminis, da nord a sud vengono segnalati quelli maggiormente sviluppati: "M.te Coa Margine" (257.69) che rappresenta il punto più alto di una dorsale calcarea (Calcari di Villagreca) avente direzione NW-SE e inclinazione E-NE, che si estende poi lungo il "M.te Su Crucuri" (207.06 metri) fino al "M.te Matta Murronis" (202.52 metri); il "M.te Leonaxi" (181.67 metri), dalla caratteristica forma conica a base larga, rappresenta una cupola andesitica; il rilievo collinare "Costa Bissenta Spada" (153.96 metri), rappresentato dalla "formazione di Nurallao"; "M.te Nieddu" (143.87 metri) rappresentato dalla "formazione di Ussana".

Altri rilievi si riscontrano a est dei centri abitati e sono rappresentati da colline caratterizzate prevalentemente da forme dolci che si raccordano gradualmente con la sottostante morfologia pianeggiante.

I centri abitati di Nuraminis e Villagreca sono posizionati in un'area sub-pianeggiante in cui, ad eccezione dell'area a monte della "Via Monsignor Serci", sono assenti condizioni predisponenti la pericolosità di frana, ed in particolare i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di movimenti di massa

All'interno del centro abitato di Villagreca, come già perimetrato nello studio di compatibilità geologica e geotecnica, predisposto secondo l'art. 8 comma 2 delle N.A. Del PAI, per l'approvazione del Piano Particolareggiato del Centro Storico, è stata

segnalata un'area caratterizzata da evidenti segni di pericolosità geomorfologica a monte della strada comunale "Via Monsignor Serci".

Nell'area a monte della strada "Via Monsignor Serci" a Villagrega, indicata nell'immagine sottostante, sono presenti nel versante dei trovanti in posizione di equilibrio instabile soggetti ad essere posti in movimento dai fenomeni predisponenti le frane di crollo. Inoltre seppur puntualmente sono presenti alterazioni della parte superficiale dei calcari di villagrega, specialmente di quelle porzioni soggette ai fenomeni di bioclastesi, i quali isolano dei blocchi rocciosi, che potrebbero rappresentare delle potenziali instabilità di questo settore.



Figura 3 area di instabilità potenziale

Tra le aree a pericolosità geologica esterne al centro abitato vengono segnalate nel successivo paragrafo le principali dinamiche di evoluzione dei versanti presenti in questo territorio.

6.0 DINAMICHE DI EVOLUZIONE DEI VERSANTI

In questo capitolo vengono descritti i principali settori in cui sono presenti fenomeni in atto o potenziali di pericolosità di frana tali da condizionare l'uso del territorio.

In considerazione della complessità e della varietà dei fenomeni in esame, e l'impossibilità di accesso a varie aree del territorio (Cave, Cantieri, aree impervie, aree aggettanti, ecc.), e considerato che questi fenomeni non interferiscono con centri abitati,

infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, alcuni areali sono cartografati e descritti in forma sintetica e semplificata, in quanto non è stato possibile approfondire lo studio.

Inoltre gli studi e le elaborazioni cartografiche effettuati hanno carattere generale e non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio, per la soluzione di problemi geotecnici ed idrogeologici puntuali, prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (GU n. 29 del 4-2-2008- Suppl. Ordinario n.30).

Settore Dorsale “Monte Coa Margine”, “Gutturu Droxiu” e “Sa Corona”

Nel settore di “Monte Coa Margine” (al confine tra Nuraminis e Samatzai) la dorsale calcarea forma una cuesta, con il rilievo caratterizzato da un lato da una ripida scarpata (fronte) e dall’altro da un tabulato a debole pendenza (dorso).

Il pendio topografico, in rapporto alla pendenza degli strati, immerge a franapoggio verso est, nel territorio di Samatzai, il fronte è invece inclinato verso ovest nel territorio di Nuraminis. Il rilievo originale della cuesta, nel versante prospiciente il territorio di Samatzai, è stato completamente modificato dall’attività estrattiva presente. Infatti in questo settore le caratteristiche di compattezza, omogeneità compositiva e mineralogica dei calcari hanno permesso lo sfruttamento industriale dei calcari sia per la fabbricazione di cemento che per la produzione di materiali inerti.

La dorsale di “Monte Coa Margine”, nonostante sia caratterizzata da giacitura a franapoggio immergente verso est (lato Samatzai), presenta nel fronte (lato ovest) morfologie caratterizzate da pareti a strapiombo, aggettanti, contrassegnate da intensa fratturazione e piccole cavità carsiche, e da versanti particolarmente acclivi con ampi settori ricoperti da una falda di detrito.

Le fratturazioni presenti nelle pareti rocciose rappresentano potenziali fenomeni predisponenti manifestazioni franose classificabili come frane di crollo e ribaltamento.

Le più frequenti cause scatenanti vanno ricercate nella circolazione idrica, che determina sia un incremento di pressione interstiziale all’interno delle discontinuità, nei fenomeni di crioclastesi e bioclastesi, sia un’azione di dissoluzione delle rocce carbonatiche. Inoltre numerosi blocchi sono posizionati in equilibrio instabile lungo il versante. Per acquisire i dati necessari alla caratterizzazione geo-meccanica degli ammassi rocciosi sono stati eseguiti dei rilievi geo-strutturali, nei punti accessibili e ritenuti più critici dallo scrivente, tali da essere assunti come rappresentativi dell’intera area di studio.

La difficoltà di accesso ai luoghi, data da cornici rocciose strapiombanti e da pendenze elevate dei versanti, ha fortemente condizionato la scelta ed il numero delle indagini da eseguire ed il rilevamento strutturale di dettaglio. Il rilevamento, di conseguenza, è stato fatto attraverso misure dirette solo nelle aree accessibili, o quantomeno in quelle che permettevano una osservazione da distanza ravvicinata.

Di seguito vengono rappresentate alcune immagini che rappresentano la dorsale calcarea situata a nord-est del territorio comunale di Nuraminis e le principali criticità presenti in questi affioramenti rocciosi.



Rilievo Monte Coa Margine.

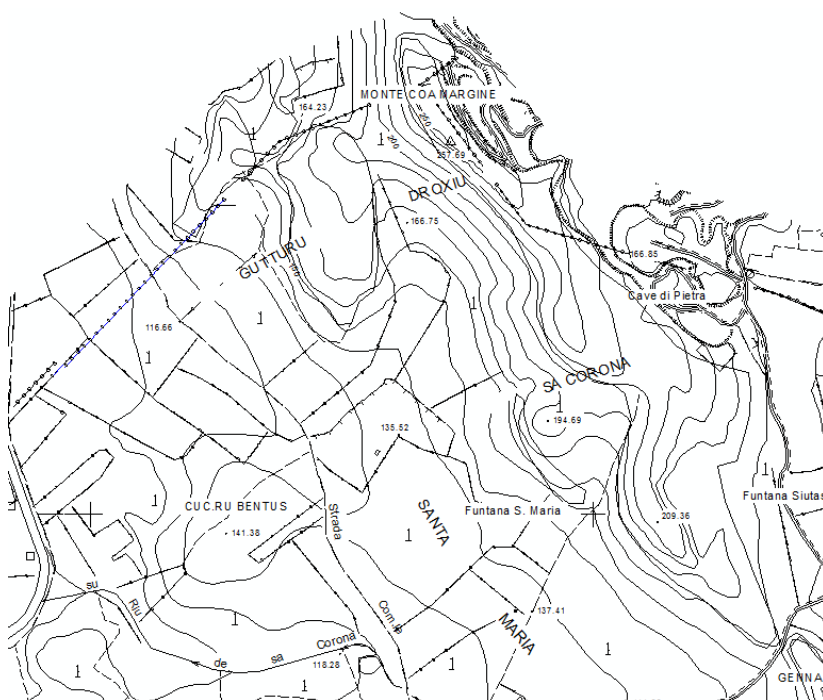




Figura fratture colonnari in località Coa Margine



Figura fratture predisponenti frane di crollo e ribaltamento



Figura fratturazione a franapoggio in Località Coa Margine



Figura fratturazione colonnare in località Sa Corona



Figura massi disposti in posizione di equilibrio instabile nel versante.

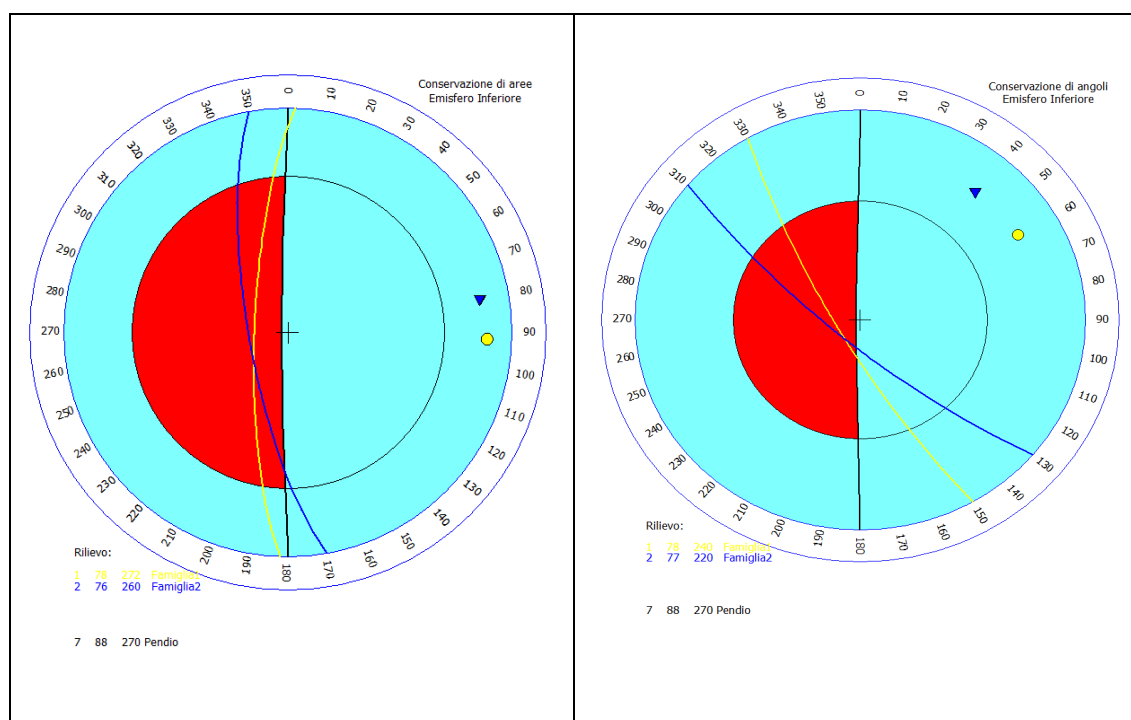


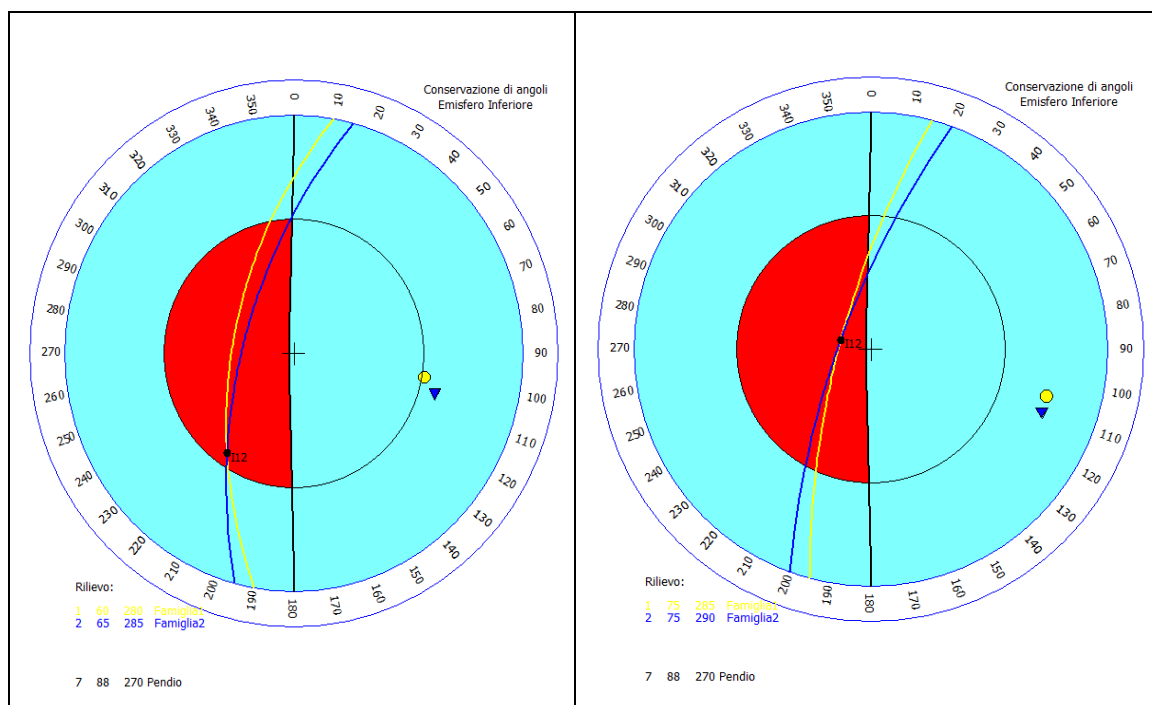
Figura fratturazioni subverticali con cuneo roccioso a franapoggio in località Sa Corona.

Il rilievo geostrutturale della dorsale calcarea, in questo settore, caratterizzato da un'altezza delle cornici rocciose variabili da pochi metri fino a circa 20-30 metri, con pendenze subverticali e aggettanti, ha permesso di individuare le principali discontinuità presenti.

I sistemi principali di discontinuità sono rappresentati dalla stratificazione, delle litologie calcaree, e dalle discontinuità di origine prevalentemente tettonica e di dissoluzione dei calcari. Nella tabella seguente sono rappresentati i principali set di giunti rilevati sulle pareti e loro possibili intersezioni che favoriscono crolli di cunei rocciosi:

Set di giunti	Azimut di immersione (α)°	Immersione (β)°	Angolo di attrito °	Distacchi dei cunei intersezione di set di giunti	
Versante	270	88	31	immersione	inclinazione
Famiglia 1				272	78
Famiglia 2				260	76
Versante	270	88	31		
Famiglia 1				240	78
Famiglia 2				220	77
Versante	270	88	31		
Famiglia 1				280	60
Famiglia 2				285	65
Versante	270	88	31		
Famiglia 1				285	75
Famiglia 2				295	75





I risultati ottenuti nei rilevamenti geo-strutturali sono stati inseriti nel programma “B-roch”, della “Geostru”, per ottenere le rappresentazioni grafiche principali che a loro volta hanno consentito di identificare le aree di distacco di volumi rocciosi.

Graficamente, nelle immagini precedenti, è possibile vedere gli stereogrammi (diagramma equiareale di Schmidt) relativi alle misure giaciture principali e lo scivolamento del cuneo lungo la linea d’ intersezione dei due piani di discontinuità.

Questo sistema ci permette di rappresentare su di un piano, mediante differenti proiezioni, l’orientamento delle diverse rette o piani nello spazio. L’intersezione che si ottiene tra la ciclografica ed il cerchio massimo, considerato come piano di proiezione è un diametro del cerchio stesso, rappresenta la direzione del piano proiettato. Ne consegue che nel caso di un piano verticale la rappresentazione in proiezione sarà una retta passante per il centro, mentre nel caso di un piano orizzontale la proiezione passerà per il cerchio massimo. Proiezioni aventi piani variamente inclinati saranno rappresentati da situazioni intermedie rispetto ai piani precedentemente descritti.

La rappresentazione dei poli delle discontinuità rilevate nell’ammasso roccioso ha permesso di determinare le orientazioni preferenziali delle strutture in esame.

Per determinare le condizioni di stabilità dell’ammasso roccioso, nelle varie zone oggetto di studio, sono state utilizzate le proiezioni stereografiche e il cosiddetto “test di Markland”. Per ogni situazione di instabilità, dove possibile, sono stati presi i dati di

giacitura delle discontinuità e successivamente sono state riportate sul reticolo le ciclografiche, relative ai sistemi principali di discontinuità, insieme al fronte roccioso (pendio) e al cerchio dell'angolo residuo medio (angolo di 31°) ed è stato effettuato il Test di Markland. I calcoli eseguiti mostrano situazioni di instabilità potenziale; questa situazione si verifica sia quando il pendio ed una delle discontinuità sono sub-verticali con immersione circa uguale sia quanto l'intersezione tra i piani di fratturazione principali è compresa tra l'angolo di attrito interno e il piano del pendio, ciò indica di conseguenza che il cuneo delimitato dai piani principali e dal pendio è potenzialmente instabile.

Il fenomeno di crollo è dovuto principalmente a scivolamenti a cuneo o a ribaltamenti in cui uno dei piani di discontinuità principali (alla base del diedro) è posto generalmente a franapoggio con inclinazione minore del fronte roccioso. Il cuneo è generalmente liberato da una fessura di trazione, posta a breve distanza dal fronte, con inclinazione prossima alla verticale. L'azione scatenante il fenomeno franoso è dovuto principalmente alle spinte idrauliche, dai cicli di gelo e disgelo e ancor più frequentemente dall'azione divaricatrice esercitata dalle radici insinuate tra i giunti.

Molti blocchi isolati, attualmente in posizione di equilibrio instabile, sono soggetti a crollo in tempi brevi proprio a causa delle azioni sopraccitate, senza segni premonitori particolari; altri blocchi, staccatisi dalle cornici rocciose, si trovano nel versante in posizione di equilibrio instabile

CADUTA MASSI

Per determinare il potenziale pericolo relativo alle frane di crollo e il successivo movimento verso valle è stato utilizzato sia un metodo empirico sia un metodo statistico e deterministico tramite il programma di caduta massi "GeoRochFall" della GeoStru.

Il metodo empirico per definire l'area interessata da un fenomeno di crollo si basa sul cosiddetto "cono d'ombra", che sottende la zona in cui la maggior parte dei blocchi si dovrebbero arrestare.

Il metodo statistico deterministico utilizzato è stato applicato alle sezioni denominate rispettivamente sezione AA' e BB' (caduta massi), rappresentate nella carta geomorfologica, sufficientemente rappresentative delle più frequenti condizioni morfologiche e topografiche del versante oggetto di studio.

Per queste sezioni sono state eseguite un numero di cento simulazioni ipotizzando che il movimento consistesse in una caduta libera, una serie di rimbalzi e rotolamenti.

In seguito vengono indicati per le sezioni di studio i dati del pendio, con i relativi coefficienti di restituzione tangenziale e normale, la rugosità, le caratteristiche del blocco, la velocità massima, l'energia massima del masso ed infine la percentuale di massi fermati in relazione alla distanza.

Metodo statistico deterministico

Per determinare l'evoluzione dei crolli, le energie e le traiettorie dei blocchi, è stato utilizzato il programma "GeoRockFall", il quale sviluppa l'analisi probabilistica della propagazione dei blocchi e richiede in input i seguenti dati:

- *profilo del pendio;*
- *le componenti della velocità del masso in caduta;*
- *il valore medio e la deviazione standard per entrambi i coefficienti di restituzione tangenziale e normale rispettivamente R_t e R_n ;*
- *la rugosità e la descrizione dei materiali presenti;*
- *il numero di cicli richiesto per ciascuna analisi;*
- *il diametro del masso.*

L'output del programma consiste in una rappresentazione grafica di:

- *un tracciato delle traiettorie dei blocchi per ciascun set di simulazioni;*
- *un istogramma delle energie;*
- *un istogramma distanza-frequenza che rappresenta il numero di blocchi in grado di raggiungere una determinata distanza.*

In tale programma, i parametri che hanno la maggiore influenza sui risultati sono i coefficienti di restituzione normale e tangenziale.

Tali coefficienti permettono di calcolare le componenti normali e tangenziali della velocità di rimbalzo, partendo da una velocità iniziale di impatto sulla superficie del pendio e considerando un modello d'urto parzialmente anelastico.

Il metodo di calcolo principalmente utilizzato è chiamato "Metodo di calcolo CRSP".

Il modello detto CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) è stato messo a punto da Pfeiffer e Bowen (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento. Per descrivere il movimento dei blocchi il modello CRSP applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale. Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori

parametri, rispetto al metodo Lumped mass, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi. In particolare il modello CRSP assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio. L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito. La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio. Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto.

Il vettore della velocità di pre-impatto V , forma un angolo con il pendio. Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio viene fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 ed un valore funzione della rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco. La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2}J\omega_1^2 + \frac{1}{2}MV_{t1}^2\right) \times f(F) \times SF = \frac{1}{2}J\omega_2^2 + \frac{1}{2}MV_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

M = Massa del blocco;

J = Momento d'inerzia del blocco;

ω_1 = Velocità angolare prima dell'impatto;

ω_2 = Velocità angolare dopo l'impatto;

V_{t1} = Velocità tangenziale prima dell'impatto;

V_{t2} = Velocità tangenziale dopo l'impatto;

La funzione $f(F)$ di attrito così definita:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[\left(\frac{V_{t1} - \omega_1 \times R}{20}\right)^2 + 1.2\right]}$$

Mentre la funzione di scala SF :

$$SF = \frac{R_t}{\left[\left(\frac{V_{n1}}{250 \times R_n}\right)^2 + 1\right]}$$

Dove:

R_n = Coefficienti di restituzione normale;

R_t = Coefficienti di restituzione tangenziale;

R = Raggio del blocco;

I termini $f(F)$ e SF sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l'energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell'attrito e dell'urto.

L'attrito riguarda principalmente la dissipazione dell'energia prodotta dalla velocità tangenziale, l'urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

$$V_{t2} = \omega_2 \times R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.

Dalla (1) si ottiene V_{t2} , mentre la velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

$$V_{n2} = V_{n1} \times \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9}\right)^2\right]}$$

che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l'aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.

SEZIONE AA'

ELENCO DEI SIMBOLI

$x(), y()$	= Coordinate vertici profilo in m;
R_n, R_t	= Coefficiente di restituzione normale e tangenziale;
rugosità	= Rugosità del pendio;
X_p, Y_p	= Coordinate punto di partenza del masso;
x_i, y_i	= Coordinate punto di impatto;
v_x, v_y	= Velocità di pre-impatto del blocco;
t	= Durata del volo in secondi;
$E()$	= Energia di pre-impatto in Joule;

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2500,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	3,0 m/s
Velocità iniziale in y	-3,0 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	2,0 m
Massa	10471,98 Kg
Peso	10471,98 Kg _f
Momento d'inerzia	4188,79 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	Rn	Rt	Rugosità
1	0,0	200,0	0,9	0,8	0,1
2	6,68	200,0	0,9	0,8	0,1
3	13,32	200,0	0,9	0,8	0,1
4	22,19	194,0	0,9	0,8	0,1
5	28,68	190,0	0,9	0,8	0,1
6	40,86	183,35	0,9	0,8	0,1
7	46,89	180,0	0,9	0,8	0,1
8	55,34	177,56	0,9	0,8	0,1
9	80,1	170,0	0,9	0,8	0,1
10	110,9	160,35	0,4	0,6	0,1
11	111,97	160,0	0,4	0,6	0,1
12	112,76	159,79	0,4	0,6	0,1
13	155,02	150,0	0,4	0,6	0,1
14	202,19	146,27	0,4	0,6	0,1
15	263,19	141,29	0,4	0,6	0,1
16	267,16	140,97	0,4	0,6	0,1
17	279,0	140,0	0,4	0,6	0,1
18	300,0	139,0	0,4	0,6	0,1
19	445,0	134,0	0,4	0,6	0,1
20	450,0	133,0	0,4	0,6	0,1
21	454,0	133,0	0,4	0,6	0,1
22	458,0	133,0	0,4	0,6	0,1
23	465,88	133,56	0,4	0,6	0,1
24	465,88	133,56	0,4	0,6	0,1
25	469,78	133,51	0,4	0,6	0,1
26	473,7	133,38	0,4	0,6	0,1
27	482,07	133,0	0,4	0,6	0,1
28	490,0	132,0	0,4	0,6	0,1
29	493,0	132,0	0,4	0,6	0,1
30	502,0	132,0	0,4	0,6	0,1
31	523,0	132,0	0,4	0,6	0,1
32	525,0	132,0	0,4	0,6	0,1
33	533,0	132,0	0,4	0,6	0,1
34	535,0	132,0	0,4	0,6	0,1
35	543,0	132,0	0,4	0,6	0,1
36	552,0	131,0	0,4	0,6	0,1
37	554,0	131,0	0,4	0,6	0,1
38	562,0	131,0	0,4	0,6	0,1

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	20,606 m/s
Velocità minima	1,047 m/s
Velocità media	7,078 m/s
Scarto quadratico medio	5,485 m/s
Energia massima pre-impatto	2886,685 KJ
Energia media pre-impatto	550,584 KJ
Scarto quadratico energia	739,041 KJ
Ascissa media di arresto	127,899 m
Ascissa massima raggiunta	293,526 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
14,29	57
34,29	57
54,29	57
74,29	57
94,29	57
114,29	57
134,29	57
154,29	57
174,29	57
194,29	57
214,29	57
234,29	57
254,29	57
274,29	58
294,29	100
314,29	100
334,29	100
354,29	100
374,29	100
394,29	100
414,29	100
434,29	100
454,29	100
474,29	100
494,29	100
514,29	100
534,29	100
554,29	100

I risultati relativi alle elaborazioni statistiche ex ante, precedentemente rappresentate, indicano che l'energia massima pre-impatto del masso è di **2886,685 KJ**, la distanza massima percorsa da questi massi arriva a circa 295 metri e la maggior parte dei massi si dovrebbe arrestare ad una distanza di circa 127 metri.

SEZIONE BB'**ELENCO DEI SIMBOLI**

$x(), y()$	= Coordinate vertici profilo in m;
R_n, R_t	= Coefficiente di restituzione normale e tangenziale;
rugosità	= Rugosità del pendio;
X_p, Y_p	= Coordinate punto di partenza del masso;
x_i, y_i	= Coordinate punto di impatto;
v_x, v_y	= Velocità di pre-impatto del blocco;
t	= Durata del volo in secondi;
$E()$	= Energia di pre-impatto in Joule;

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco	Sferico
Densità	2300,0 Kg/mc
Elasticità	1000,0 Kg/cm ²
Velocità iniziale in x	3,0 m/s
Velocità iniziale in y	-3,0 m/s
Velocità limite di arresto	0,01 m/s
Diametro	2,0 m

Massa	9634,218 Kg
Peso	9634,218 Kg _f
Momento d'inerzia	3853,687 Kgxm ²

DATI PENDIO

N	X (m)	y (m)	R _n	R _t	Rugosità
1	0,0	230,0	0,9	0,8	0,1
2	13,93	230,0	0,9	0,8	0,1
3	14,57	230,0	0,6	0,6	0,1
4	15,47	230,0	0,6	0,6	0,1
5	15,0	229,0	0,6	0,6	0,1
6	31,0	220,0	0,6	0,6	0,1
7	40,0	213,0	0,6	0,6	0,1
8	47,0	210,0	0,6	0,6	0,1
9	56,0	205,0	0,6	0,6	0,1
10	66,0	200,0	0,6	0,6	0,1
11	71,0	198,52	0,6	0,6	0,1
12	95,53	190,0	0,6	0,6	0,1
13	105,0	185,0	0,6	0,6	0,1
14	117,0	180,0	0,6	0,6	0,1
15	143,0	172,0	0,6	0,6	0,1
16	151,0	170,0	0,4	0,6	0,1
17	167,0	165,0	0,4	0,6	0,1
18	190,0	160,0	0,4	0,6	0,1
19	215,0	156,0	0,4	0,6	0,1
20	258,0	150,0	0,4	0,6	0,1
21	259,0	150,0	0,4	0,6	0,1
22	259,69	150,0	0,4	0,6	0,1
23	267,28	150,0	0,4	0,6	0,1
24	357,09	143,14	0,4	0,6	0,1
25	360,89	143,04	0,4	0,6	0,1
26	364,11	143,02	0,4	0,6	0,1

ELABORAZIONI STATISTICHE

Velocità massima	20,433 m/s
Velocità minima	0,744 m/s
Velocità media	7,209 m/s
Scarto quadratico medio	5,715 m/s
Energia massima pre-impatto	2579,938 KJ
Energia media pre-impatto	533,221 KJ
Scarto quadratico energia	718,008 KJ
Ascissa media di arresto	102,864 m
Ascissa massima raggiunta	343,265 m

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
15,03	66
35,03	72
55,03	72
75,03	72
95,03	72
115,03	72
135,03	72
155,03	72
175,03	72
195,03	72
215,03	72
235,03	72
255,03	72
275,03	72
295,03	72
315,03	72
335,03	72
355,03	100

I risultati relativi alle elaborazioni statistiche ex ante, precedentemente rappresentate, indicano che l'energia massima pre-impatto del masso è di **2579,938**

KJ, la distanza massima percorsa da questi massi arriva a circa 355 metri e la maggior parte dei massi si dovrebbe arrestare ad una distanza di circa 103 metri.

In generale possiamo affermare che le aree relative al settore "Monte Coa Margine", "Gutturu Droxiu" e "Sa Corona" descritte in precedenza sono caratterizzate da una concentrazione di fenomeni in atto e potenziali di pericolosità molto elevata da frana tali da condizionare fortemente l'uso del territorio.

I processi geomorfologici relativi all'evoluzione dei versanti sono attinenti a fenomeni gravitativi ascrivibili alle seguenti tipologie: fenomeni di crollo; ribaltamento di blocchi lapidei e colamenti detritici.

Settore dorsale “Serra Cannigas”, “Monte Su Crucuri” e “Monte Matta Muronis”

Questo settore rappresenta la parte meridionale della dorsale calcarea descritta precedentemente. In generale la dorsale, ad eccezione del settore occidentale del “Monte Su Crucuri” in cui è presente un’attività di cava (abbandonata?) in cui sono presenti fronti che mostrano intense dinamiche di versante ascrivibili a fenomeni gravitativi, presenta fenomeni quiescenti e potenziali di pericolosità di frana tali da condizionare l’uso del Territorio.

In particolare alla base dei versanti sono presenti depositi di frana cementati quiescenti che orlano parte di questa dorsale e falde di detrito.

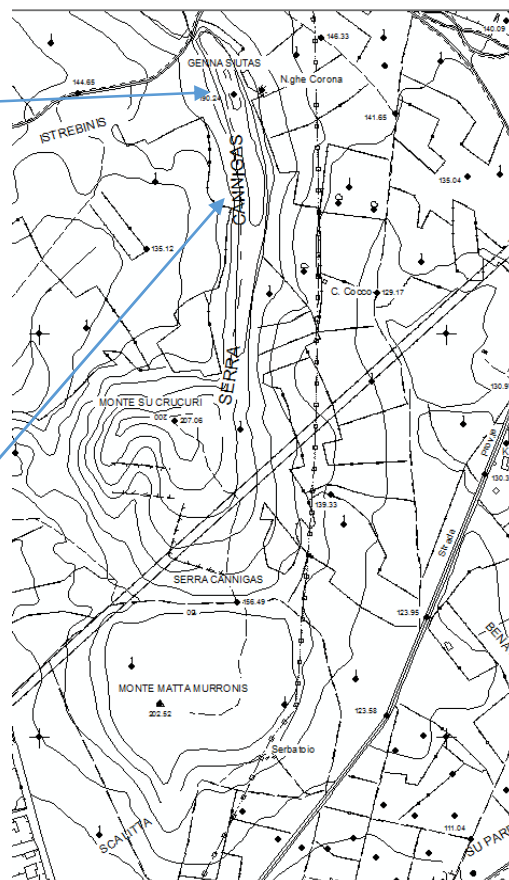
Nella parte sommitale sono presenti sia aree caratterizzate da affioramenti di pareti rocciose, subverticali, seppur di altezza limitata, sia aree collinari con presenza di locali fenomeni di dilavamento che mettono a nudo il substrato roccioso. A partire da “Genna Siutas” fino a “Monte Matta Muronis” è possibile notare come i calcari passano lateralmente ad arenarie e marne diminuendo sensibilmente di spessore fino a ridursi a 7-8 metri. Nel “Monte Matta Muronis” la loro potenza è nuovamente di 20-30 metri circa.



Figura dorsale in prossimità del N.ghe Corona



Figura dorsale in prossimità di Serra Cannigas



Il settore occidentale di “Monte Su Cruccuri” è stato interessato da un'importante attività estrattiva. Le attività estrattive, asportando strati di suolo e roccia, comportano tra l'altro modificazioni, spesso irreversibili alla morfologia dei luoghi e al paesaggio naturale, alla circolazione delle acque superficiali e sotterranee, alla qualità delle acque, alla stabilità dei versanti e all'erosione superficiale.



Figura Monte Su Cruccuri (cava)

La figura precedente mostra l'area relativa allo stato dei versanti di “Monte Su Cruccuri” in cui è evidente la profonda modifica dei versanti dovuta all'intensa attività di cava.



Figura Monte Su Cruccuri da foto aerea.



Figura Monte Su Crucuri vista frontale.

Gli impatti possibili delle attività estrattive coinvolgono differenti ambiti ed in particolare: **Acque superficiali** (Gli impatti sono dovuti alle variazioni della morfologia dei versanti che causano modifiche all'andamento del reticolo idrografico e al chimismo delle acque); **Acque sotterranee** (Le modificazioni della morfologia dei versanti possono provocare riduzioni della portata e dei livelli di sorgenti e falde, possono favorire il richiamo delle acque sotterranee causando, di conseguenza un rapido svuotamento dei relativi serbatoi sotterranei); **Suolo e sottosuolo** (Il degrado può derivare dall'innescio a più riprese di fenomeni franosi o erosivi, da modifiche della rete drenante e da modifiche della circolazione delle acque sotterranee); **Paesaggio** (Impatti derivanti dall'alterazione degli equilibri dell'ambiente fisico e dalla degradazione degli equilibri visivi).

In conclusione possiamo affermare che in questo settore sono presenti sia aree che ricadono a pericolosità elevata da frana, dovuta a fenomeni quiescenti e potenziali tali da condizionare l'uso del territorio, sia aree a pericolosità molto elevata da frana, in tutte quelle aree in cui sono presenti segni evidenti di movimenti franosi in atto e in quelle aree interessate da attività estrattiva (versante occidentale "Monte Su Crucuri").

Settore dorsale “Palas de Grutta”

Questo settore è caratterizzato da aree degradate da attività antropiche ed in particolare sottoposte ad attività estrattive attive o dismesse non ancora recuperate. In questo settore il rilevamento è stato condizionato dall'inaccessibilità ai luoghi, e di conseguenza, è fatto attraverso misure dirette solo nelle aree accessibili, o quantomeno in quelle che permettevano una osservazione da distanza ravvicinata.

Anche in questo caso valgono in generale le considerazioni fatte per le attività estrattive di “Monte su Crucuri” e di conseguenza sono aree caratterizzate da una pericolosità elevata da frana con concentrazioni di fenomeni tali da condizionare fortemente l'uso del territorio.

Settore Cuc.Ru Antoni Cocco, Serra Chiredda e Br.Cu Paolo Lilliu

Questo settore, situato a sud-est del territorio di Nuraminis, è contraddistinto da una serie di rilievi, seppur di limitata estensione, aventi pendenze elevate e orli di scarpate caratterizzati da potenziali fenomeni franosi ad elevata pericolosità tali da condizionare l'uso del territorio

Settore Costa Bissenta Spada, Br. Cu Sa Gloria, Serra Sa Scrocca e Monte Nieddu.

Questo settore, situato a est della S.S. 131, si estende dalla località “Sa Scrocca” fino al rilievo di “Costa Bissenta Spada” a monte dell'abitato di Nuraminis. Le aree che ricadono in questo settore sono caratterizzate da prevalenti condizioni di media pericolosità di frana a causa del verificarsi di fenomeni di dilavamento in prossimità dei rilievi caratterizzati da una pendenza compresa tra 21% e 35%.

La degradazione di questi terreni, facilmente erodibili, è dovuta in gran parte sia all'utilizzo di machine agricole pesanti sia ai metodi di lavorazione, in particolare aratura a ritocchino (eseguite nel senso della massima pendenza). L'aratura produce il taglio orizzontale di una fetta di terreno, che si spinge fino a profondità a di 55-60 cm circa, diminuendo la stabilità della struttura del suolo e di conseguenza la resistenza degli aggregati all'azione degli agenti climatici (acque di pioggia battenti, ruscellanti, alternanza di gelo e disgelo, siccità, vento ecc.).

Settore Monte "M.Leonaxi"

Nell'area di "M.Leonaxi", a nord-ovest dell'abitato di Villagreca, in prossimità di una vecchia cava (scavo?), sono presenti indicazioni morfologiche, rispetto alle porzioni superficiali dell'ammasso roccioso, di elevata pericolosità di frana potenziale (caduta massi) come già perimetrato nello studio di compatibilità geologica e geotecnica, predisposto secondo l'art. 8 comma 2 delle N.A. Del PAI per l'approvazione del Piano

Particolareggiato del centro storico. In questo studio, a scopo esclusivamente precauzionale, considerate le caratteristiche dell'intero territorio e le classi d'instabilità assegnate, si è ritenuto opportuno riclassificare tutto il rilievo del "M. Leonaxi" a elevata pericolosità di frana potenziale per la presenza di un'elevata energia del rilievo associata alla presenza di pareti in roccia.

Settore "Matta Abbruxiada"

Questo settore, situato immediatamente a nord di Villagreca, rappresentato da un rilievo costituito da una serie di scisti sericiti e di arenarie quarzoso-sericitiche in alternanza, potente una trentina di metri circa, è rappresentato da un versante degradato in cui sono presenti pareti ripide, sbancamenti, orli di scarpate, falde detritiche e fenomeni di erosione sui depositi detritici superficiali.



In questo settore si riscontrano aree, seppur di limitata estensione, degradate da attività estrattiva, (probabile cava di prestito per materiali inerti?) con fenomeni quiescenti e potenziali di pericolosità elevata di frana tali da condizionare il l'uso del territorio.

7.0-CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI (BENIAWSKI, ROMANA)

Per dedurre le caratteristiche dei principali ammassi rocciosi presenti nel settore di studio, che rappresentano i rilievi degni di particolare importanza, in quanto ben visibili e localmente accessibili, è stata fatta una classificazione degli ammassi rocciosi su alcune stazioni geostrutturali; in particolare in prossimità del “Monte Coa Margine” (calcari) e in prossimità del "Monte Leonaxi" (andesiti).

Le indagini hanno permesso di ricavare le principali caratteristiche degli ammassi rocciosi presenti nelle aree caratterizzate da dinamiche di evoluzione dei versanti.

7.1 INTRODUZIONE

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo “conservativa”) hanno permesso di classificare dal punto di vista geostrutturale i principali rilievi presenti nel settore di studio.

La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l’Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky) e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985 lo Slope Mass Rating (SMR).

L’RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RM Rc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

7.2 VALORE DI A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u .

7.2.0 La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale I_s che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale S_u mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_s secondo lo schema seguente:

I_s (MPa)	K
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

7.2.1 Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la “durezza di rimbalzo” della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0,775 R + 21,3$$

7.2.2 Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di S_u può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo, come nel nostro caso.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione S_u è possibile ricavare il valore del primo parametro A_1 . Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniauskas, ricavare il valore di A_1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
$\leq 44,5$	$A_1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A_1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A_1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A_1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A_1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A_1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniauskas nell'ultima versione del sistema (1989):

S_u (MPa)	> 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 – 25	1 - 5	< 1
Coefficiente A_1	15	12	7	4	2	1	0

7.3 VALORE DI A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

In mancanza di carote di sondaggio, come nel nostro caso, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0,1 n)} (0,1 n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
$\leq 26,5$	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

7.4 VALORE DI A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
$\leq 0,2$	$A3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2,0$	$A3 = 5 s + 10$
$> 2,0$	$A3 = 20$

7.5 VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniauskis il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono:

V1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	V1
< 1	6
$1 \div 3$	4
$3 \div 10$	2
$10 \div 20$	1
> 20	0

V2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
$< 0,1$	5
$0,1 \div 1$	4
$1 \div 5$	1
> 5	0

V3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	V3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

V4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

V5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

7.6 VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umidità	Bagnata	Deboli venute	Forti
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

7.7 VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniauskis risulta troppo “conservativo” e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

7.8 VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR _c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<= 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniauskis assumono il valore:

$$\text{coesione di picco } c_p \text{ (kPa)} = 5 \text{ RMR}_b$$

$$\text{angolo di attrito di picco } \phi_p = 0,5 \text{ RMR}_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 \text{ RMR}_b - 100$$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_b(\text{originario}) - [0,2 \times \text{RMR}_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(\text{RMR}_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

$$\text{GSI} = \text{RMR} - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte (A5 = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23.

7.9 SLOPE MASS RATING (SMR, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMR_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti.

F2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare.

F3 mantiene le relazioni proposte da Beniauwsky per l'inclinazione fra fronte e giunti.

F4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.. Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

CASO		Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Planare	$\alpha_j - \alpha_f$					
Toppling	$\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
Cuneo	$\alpha_i - \alpha_f$					
	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planare	β_j					
Cuneo	β_i	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Toppling	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planare	$\beta_j - \beta_f$					
Cuneo	$\beta_i - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
	F3	0	- 6	- 25	- 50	- 60

dove:

α_j = immersione del giunto

α_i = immersione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

α_f = immersione del fronte del versante

β_j = inclinazione del giunto

β_i = inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo

β_f = inclinazione del fronte

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	-8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

7.10 CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

7.10.1 ANDESITI

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Indice di resistenza (Is)=6 Mpa

Coefficiente K =16

Numero medio di giunti per metro (n) =3

Spaziatura delle discontinuità (s)=0,7 m

Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m

Apertura del giunto < 1 mm

Giunto molto rugoso

Pareti leggermente alterate

Riempimento assente

Roccia asciutta

Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni

Orientamento favorevole

Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
96,00	96,30636869

V1	V2	V3	V4	V5
4	5	6	5	6

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
9,14602703	19,21128391	12,2969	26	15	-2

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
81,65	79,65	Seconda	Buono

Caratterizzazione geo-meccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
63,3	76,65	408,25	45,83	326,6	37,66

Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione favorevole (30°-20°)

Inclinazione dei giunti: condizione favorevole (20°-30°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione favorevole (10°-0°)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)**Fattori di aggiustamento**

F1	F2	F3	F4
0,4	0,4	-6	15

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
95,69	Prima	Molto buona

Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Sicuramente stabile	Assente	Nessuna

7.10.1 CALCARI

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Indice di resistenza (I_s)=4 Mpa
 Coefficiente $K = 16$
 Numero di fratture per mc di roccia (J_v)=3
 Spaziatura delle discontinuità (s)=0,3 m
 Persistenza (continuità) del giunto = 1 - 3 m
 Apertura del giunto = 0,1 - 1 mm
 Giunto leggermente rugoso
 Pareti leggermente alterate
 Riempimento compatto < 5 mm
 Roccia asciutta
 Orientamento delle discontinuità applicato alle fondazioni
 Orientamento favorevole

Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione S_u (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
64,00	100

V1	V2	V3	V4	V5
4	4	3	5	4

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
 V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
 V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
 V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
 V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
6,56596954	20,00052137	9	20	15	-2

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
 A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
 A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
 A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
 A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
 A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
70,57	68,57	Seconda	Buono

Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione e (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
41,14	65,57	352,85	40,29	282,28	33,23

Input dati per il calcolo di Slope Mass Rating (SMR)

Rottura: planare o a cuneo

Parallelismo fra l'immersione dei giunti e quella del pendio: condizione mediocre (20°-10°)

Inclinazione dei giunti: condizione mediocre (30°-35°)

Relazione fra inclinazione del fronte e quella dei giunti: condizione mediocre (0°)

Metodo di scavo: Scarpata naturale

Risultati relativi a Slope Mass Rating (SMR)**Fattori di aggiustamento**

F1	F2	F3	F4
0,7	0,7	-25	15

F1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti

F2 è riferito all'inclinazione del giunto

F3 mette in relazione l'inclinazione del fronte e quella dei giunti

F4 è legato al metodo di scavo

Classificazione corretta dell'ammasso roccioso

SMR	Classe	Descrizione
73,32	Seconda	Buona

Grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura, eventuali interventi di stabilizzazione

Stabilità	Modo di rottura	Stabilizzazione
Stabile	Possibili blocchi	Occasionale

8.0 - CARATTERI IDROGEOLOGICI

I corsi d'acqua principali che scorrono nel territorio di Nuraminis sono: il "Riu Suesus", che cambia in "Riu Malu" a sud, che rappresenta il dreno principale dei corsi d'acqua provenienti dalle aree situate in prossimità dell'abitato di Nuraminis e Villagreca, il "Riu de sa Corona" a nord di Villagreca, il "Riu Gloria" che attraversa il centro abitato di Nuraminis (tombinato), il "Riu Pardu" a est, che cambia in "Riu Su Rettori" man mano che ci spostiamo a sud, e il "Riu S. Pietro" a sud dell'abitato di Nuraminis.

Altri reticoli minori attraversano il territorio di Nuraminis tra cui si segnalano "Gora Crabili", "Gora Paoli Anadis" e "Gora S'Arrettori".

Infine va sottolineato che in un'area del centro abitato di Nuraminis, attraversato dal "Riu Gloria" (tombinato), sono state realizzate delle opere di allargamento del tratto tombato Via Umberto e Riu Gloria, al fine di aumentare la capacità di captazione e smaltimento delle portate idrauliche e la regolarizzazione e pulizia del tratto a cielo aperto a monte dell'abitato stesso, che hanno permesso, in ottemperanza dell'art. 37 comma 3 lettera a delle norme di attuazione del P.A.I., di ottenere una diminuzione della pericolosità idraulica all'interno del centro abitato.

Nell'area in studio sono state individuate diverse classi di permeabilità identificate in relazione alle caratteristiche litologiche presenti:

- **Unità metamorfica Superiore paleozoica**; riferibile alle Arenarie di San Vito, rappresentata da una permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente, in corrispondenza delle lenti carbonatiche, medio alta per fessurazione e carsismo;

- **Unità Detritico-Carbonatica Eocenica**; riferibile ai conglomerati arenarie e siltiti argillose appartenenti alla formazione del Cixerri, rappresentata da una permeabilità bassa per fessurazione.

- **Unità delle vulcaniti Oligo-Mioceniche**; riferibile alle ignimbriti di Monte Ibera, Andesiti di Oladri e Andesiti anfiboliche di Monte Mannu; caratterizzate da una permeabilità per fessurazione complessiva medio bassa, più alta nei termini con sistemi di fratturazione marcati (espandimenti ignimbritici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli andesitici e rari basalti, talora brecciati, in cupole di ristagno e colate;

- **Unità detritico carbonatica Oligo Miocenica**; riferibile alle Marne di Gesturi, Formazione della Marmilla e Calcari di Villagreca, rappresentata da una permeabilità per

fessurazione complessivamente medio alta per fessurazione e carsismo (calcari); localmente medio bassa in corrispondenza dei termini marnosi vulcanici;

• **Unita delle alluvioni Plio-Quaternarie**; riferibile ai depositi alluvionali terrazzati, alle coltri eluvio colluviali e ai depositi antropici, rappresentata da una permeabilità per porosità complessiva medio-bassa, localmente medio alta nei livelli a matrice più grossolana.

In relazione alla corrispondenza fra il grado di permeabilità relativa e valore di K (permeabilità misurata in m/s) viene presentata la seguente tabella:

Grado di permeabilità	Coefficiente di permeabilità
<i>Alto</i>	$K > 10^{-2}$
<i>Medio</i>	$10^{-2} > K > 10^{-4}$
<i>Medio-basso</i>	$10^{-4} > K > 10^{-9}$
<i>Basso</i>	$10^{-9} > K$

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale è situato all'interno delle U.I.O. (Unità Idrografiche Omogenee) del Piano di Tutela delle Acque (PTA) Flumini Mannu di Cagliari-Cixerri che comprende, oltre i bacini del Flumini Mannu e del Cixerri, una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a ovest, a Capo Carbonara a est.

Il Flumini Mannu rappresenta il più importante fiume della Sardegna meridionale, e avendo una lunghezza dell'asta principale di 96 km per ampiezza di bacino è il quarto fiume della Sardegna. Ha origine nell'altopiano calcareo del Sarcidano e si sviluppa, con una direzione prevalente NE-SO, lungo la Marmilla e sbocca nella piana del Campidano sfociando nelle acque dello Stagno di Santa Gilla a Cagliari.

9.0 - CARATTERI CLIMATICI

Le caratteristiche climatiche e, in misura prevalente, le precipitazioni, costituiscono la causa scatenante dei movimenti franosi e dei fenomeni di dissesto in generale, contribuendo in misura determinante alla formazione e evoluzione del paesaggio.

I parametri che vengono presi in considerazione sono: la piovosità, intesa sia come intensità che come quantità di pioggia e la temperatura.

temperature

L'area è caratterizzata da un clima subtropicale semi-arido con inverni miti ed estati calde e per lo più aride. La stagione calda ha inizio nel mese di giugno in cui la temperatura media si eleva fino ai 18.3°C e oltre. Il mese più caldo può essere luglio o agosto ma in entrambi i casi la temperatura supera i 22°C. Gennaio rappresenta il mese più freddo con 7.2°C.

Nella tabella sottostante sono rappresentati i valori delle temperature medie mensili e media annua del comune di Nuraminis.

Mesi	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	media
mm	7.2	8.5	9.6	11.1	14.6	18.3	22.6	22.5	19.3	17.3	11, 5	8.1	14.1

Temperature medie mensili

Precipitazioni

In Sardegna le precipitazioni sono costituite da piogge cicloniche che investono l'isola una prima volta tra la fine dell'autunno e l'inizio dell'inverno, una seconda volta tra la seconda metà dell'inverno e l'inizio della primavera. In sostanza l'isola ha in comune con gli altri paesi mediterranei una lunga stagione asciutta da maggio a settembre.

“La precipitazione è la quantità d'acqua meteorica totale, liquida o solida, che cade su di una superficie orizzontale determinata, chiamata sezione pluviometrica”. Essa è assimilabile al volume d'acqua totale caduta in m³, diviso per la sezione pluviometrica valutata in m², ha le dimensioni di una lunghezza e si esprime in mm.

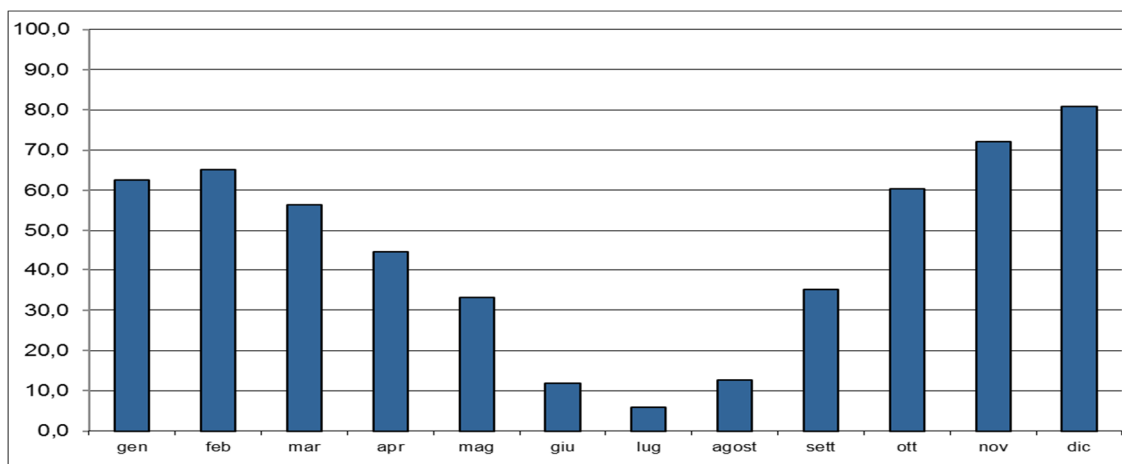
Dai parametri pluviometrici e termometrici osservati nella stazione di Nuraminis (Annali Idrogeologici dello Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (S.I.S.S.), riferiti al periodo che va dal 1922 al 1992, emerge che la piovosità media annua è di 536,8 mm di pioggia. Nella tabella sottostante sono rappresentati i valori delle precipitazioni medie mensili, stagionali e annuali del comune di Nuraminis.

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI NURAMINIS

Dati idrologici.

Mesi	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
mm	62.6	65.1	56.3	44.5	33.2	11.8	5.8	12.7	35.2	60.4	72.2	80.9	536.8

Precipitazioni medie mensili



Stazione	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
Nuraminis	62,6	65,1	56,3	44,5	33,2	11,8	5,8	12,7	35,2	60,4	72,2	80,9

Fonte: SISS -

Grafico precipitazioni

Di seguito vengono elencati, nella tabella seguente, i dati bibliografici che indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto.

<i>Precipitazioni mm/a</i>	<i>Zona</i>
>1600	Sicuramente franosa
1600-1300	Probabilmente franosa
1300-1000	Mediamente franosa
1000-700	Raramente franosa
>700	Non franosa

Influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto.

In relazione al confronto tra i dati pluviometrici registrati nel territorio di Nuraminis e la tabella d'influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto possiamo collocare, secondo questo fattore di dissesto, il territorio di studio in un ambito non franoso.

Venti

Anche i venti sono accentuati e piuttosto regolari, pur non raggiungendo la forza e la persistenza rilevata in altre aree dell'isola, in cui quelli predominanti al suolo, sono: NO maestrale e NE grecale, meno intensi sono quelli di SE scirocco; nelle aree più interne prevalgono i venti orientali poiché il maestrale è in parte ostacolato dai rilievi.

La circolazione atmosferica in questo settore del mediterraneo è in funzione della pressione atmosferica. Durante l'inverno si ha una depressione a debole gradiente orizzontale, compresa tra la Sardegna ed il Mar Tirreno, e tra i due anticicloni atlantico e asiatico.

Durante il periodo estivo l'anticiclone atlantico si espande e di conseguenza scompare quello asiatico generando così un campo di pressione relativamente alta a debole gradiente barico orizzontale.

In inverno si ha una depressione, accentuata dalle alte temperature delle acque calde superficiali, e in tal modo viene favorita la formazione ed il mantenimento dei cicloni.

Altri cicloni transitano durante l'inverno provenienti dall'atlantico.

In generale nella maggior parte dell'anno, sulla Sardegna, prevalgono correnti troposferiche con direzione di O-NO e E-SE.

Generalmente la frequenza delle calme si verifica durante il periodo estivo, mentre nel periodo invernale prevalgono i venti, specialmente quelli del IV quadrante che spirano da nord-ovest ad est, e dalla direzione ovest, e si verificano in armonia con la circolazione atmosferica del Mediterraneo.

Le variazioni climatiche, ed in particolare gli effetti delle temperature combinate alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili.

10.0 - CLASSIFICAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' DI FRANA

L'obiettivo della presente relazione è l'analisi dell'assetto geomorfologico e l'analisi delle condizioni di potenziale instabilità presenti nell'intero territorio comunale ai sensi delle N.A. del P.A.I., finalizzata all'aggiornamento della pianificazione di settore a scala di dettaglio (scala 1:10.000 per le aree extraurbane ed almeno 1:2000 per l'area urbana), e completamento successivo tramite redazione della relativa variante al P.A.I., dello studio approvato ai sensi dell'art.8 comma 2 delle N.A. del PAI.

10.1 Definizioni

Di seguito vengono descritti i principali parametri e le loro definizioni utilizzati nelle metodologie di valutazione del rischio idrogeologico secondo la normativa di riferimento.

10.1.1 Frane: con il termine frana, si indicano tutti i fenomeni di movimento o caduta di materiale roccioso o sciolto a causa dell'effetto della forza di gravità. Le condizioni predisponenti il fenomeno franoso sono varie tra cui segnaliamo l'elevato grado di fratturazione, la disposizione geometrica delle fratture rispetto alla giacitura del versante, elevate pressioni interstiziali, fenomeni crioclastici e infine modificazioni antropiche della geometria dei luoghi.

10.1.2 R_g = Rischio geologico: il rischio geologico (R_g) si definisce come il prodotto fra la pericolosità (H_g) dei fenomeni di dissesto, la presenza sul territorio di elementi a rischio (E) e la loro vulnerabilità (V).

$$R_g = H_g * E * V \quad (1)$$

Per il rischio geologico totale R_g , si esercita una quantificazione secondo 4 livelli riportati nella seguente tabella, dove sono evidenziati gli estremi superiori delle classi:

Rischio geologico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	valore	
Rg1	Moderato	≤ 0.25	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.
Rg2	Medio	≤ 0.50	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	≤ 0.75	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	≤ 1.00	Sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio economiche.

10.1.3 Hg = Pericolosità geologica: la pericolosità geologica è di non agevole definizione in quanto risulta spesso non quantificabile la frequenza di accadimento di un evento franoso. Per tale motivo si assume una suddivisione della pericolosità in quattro classi, come riportato nella seguente tabella estratta dalle linee guida del P.A.I:

Classi di pericolosità (Hg) e quantificazione lineare nell'intervallo (0,1).

Pericolosità (Hg)			Descrizione
Classe	Intensità	valore	
Hg1	Moderato	0.25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali.
Hg2	Medio	0.50	Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti 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.
Hg 3	Elevato	0.75	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali; 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.
Hg 4	Molto elevato	1.00	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.

10.1.4 E = Elementi a rischio; gli elementi a rischio sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Gli elementi a rischio di frana E, rappresentano tutti gli elementi a rischio ai sensi del DPCM 29.09.1989, e cioè tutti gli elementi nei quali è ipotizzabile una qualche forma di danno per: l'incolumità delle persone; gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica; le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo (distributori di benzina, serbatoi di gas), in particolare quelli definiti a rischio rilevante ai sensi di legge; le infrastrutture a rete (reti distribuzione idrica, energetica, telefonica, reti di fognatura; reti di trasporto urbano), e le vie di comunicazione di rilevanza strategica anche a livello locale; il patrimonio ambientale e i beni culturali, storici, architettonici d'interesse rilevante; le aree sede di servizi pubblici (strutture di soccorso, ospedali, vigili del fuoco) e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive e infrastrutture primarie. Nelle linee guida del P.A.I. sono stati classificati secondo la seguente tabella, gli elementi a rischio, nella quale ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala variabile tra (0, 1):

Classificazione degli elementi a rischio e attribuzione del relativo peso.

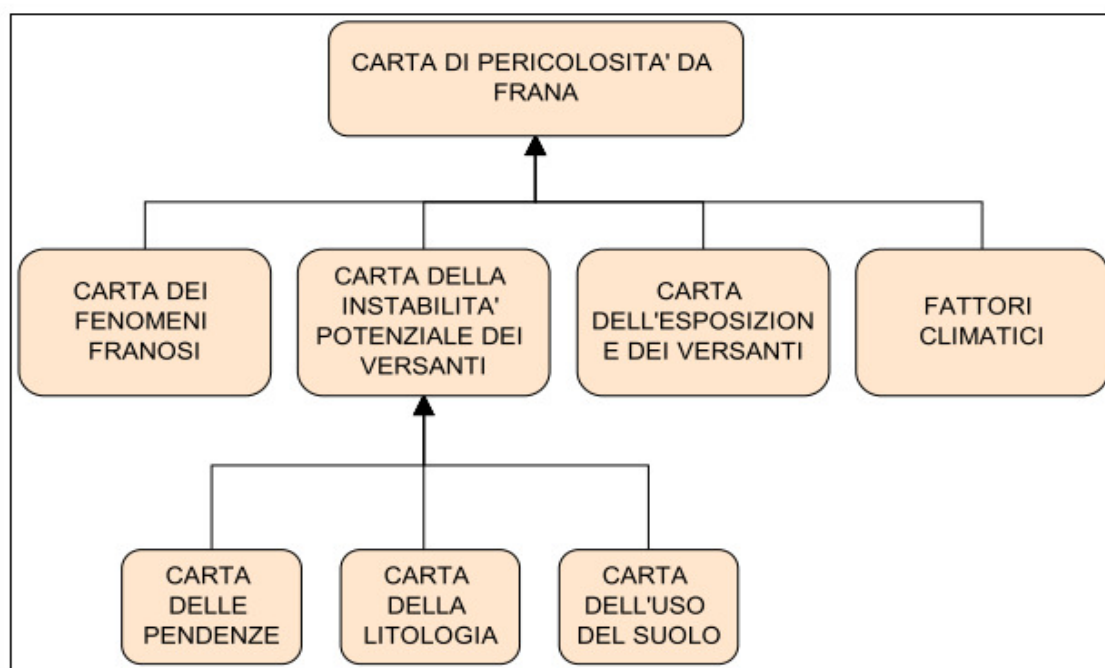
Classi	Elementi	Peso
E₁	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile.	0.25
E₂	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi. Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie.	0.50
E₃	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori) zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone di cava,.	0.75
E₄	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale, infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici.	1.00

10.1.5 V = Vulnerabilità: la vulnerabilità è intesa come la capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio (E) in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3, e parte di E2, la vulnerabilità, secondo quanto si evince dal DPCM, sarà assunta pari all'unità; per quanto concerne gli elementi di altro tipo si attribuirà un valore di vulnerabilità ancora unitario.

11.0 - METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PERIMETRAZIONE E CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA

La metodologia utilizzata per la perimetrazione e la classificazione della pericolosità di frana considera i fattori principali che hanno influenza diretta o indiretta sulle condizioni di stabilità dei versanti.

Il lavoro, mediante varie operazioni, ci permette di ricavare una carta della pericolosità di frana in seguito alla predisposizione di alcune carte tematiche, che rappresentano rispettivamente i fenomeni geomorfologici esistenti nel territorio e i singoli fattori predisponenti alla franosità, e la loro sovrapposizione (overlay), secondo il diagramma di flusso schematizzato nella figura sottostante.



11.1 - INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI

L'instabilità potenziale dei versanti, che rappresenta le condizioni di potenziale franosità dei versanti oggetto di studio, è stata ricavata mediante l'ausilio di alcune caratteristiche generali dei versanti ed in particolare la litologia, la pendenza e l'uso del suolo. L'elaborazione e l'analisi dei dati, secondo il diagramma di flusso visto in precedenza è stato effettuato utilizzando un sistema informatico geografico (GIS).

La metodologia di riferimento, condotta su base puramente qualitativa, si fonda sull'individuazione dei principali elementi descrittivi che giocano un ruolo fondamentale nella propensione al dissesto dei versanti; si tratta di caratteri morfologici, della composizione litologica, delle condizioni di copertura vegetale e di esposizione dei versanti, delle caratteristiche geomorfologiche e dei fattori climatici.

Dapprima gli elementi dei singoli tematismi sono raggruppati in classi, per ottenere una rappresentazione aggregata del territorio; ad ogni classe vien attribuito un valore (peso) in funzione del ruolo esercitato nella produzione del dissesto.

Nelle successive operazioni, si effettua una combinazione (somma algebrica) dei valori assegnati, fino ad ottenere un punteggio finale, che rappresenta l'influenza complessiva che i vari fattori considerati hanno sulla stabilità del versante.

Sulla base della documentazione esistente e che verrà resa disponibile, vengono considerati i seguenti fattori di analisi:

- 1) pendenza dei versanti;
- 2) litologia;
- 3) uso del suolo.

La prima operazione avviene effettuando l'incrocio tra due elementi naturali che possono essere ritenuti costanti e non modificabili in tempi brevi, cioè la pendenza dei versanti e la litologia.

La seconda operazione prevede l'incrocio tra il risultato della prima (somma algebrica dei pesi) e un elemento che invece può essere variato e può variare nel breve periodo sia dal punto di vista della copertura vegetale che dell'intervento antropico: l'uso del suolo.

11.2 - ATTRIBUZIONE DEI PESI

11.2.1 - Pendenza dei versanti

La pendenza dei versanti, rappresentata nella tavola 3.0 (carta delle pendenze) allegata alla presente relazione, è un fattore molto importante in quanto maggiore è l'inclinazione di un pendio maggiore è la tendenza al dissesto per effetto della gravità e dell'azione degli agenti atmosferici, specie dove la protezione della vegetazione è assente perché non riesce a insediarsi.

Sono state considerate cinque classi di pendenza, come proposto dalla linee guida del P.A.I., e a ciascuna classe è stato assegnato un peso, variabile da +2, per le aree pianeggianti, a -2, per le aree a forte pendenza, come rappresentato nella tabella seguente:

Pesi delle diverse classi di pendenza dei versanti.

Classi di pendenza	Peso
0-10 %	+2
11-20 %	+1
21-35 %	0
36-50 %	-1
> 50 %	-2

In generale il territorio di Nuraminis è caratterizzato principalmente da una morfologia pianeggiante, con il 90.80% di territorio appartenente alla classe di pendenza 0-10%, 6.45% di territorio appartiene alla classe di pendenza 11%-20%, 1.21% appartiene alla classe di pendenza 21% -35%, 0.34% di territorio appartiene alla classe di pendenza 36%-50% e solo 0.10% ha una classe di pendenza maggiore del 50.

11.2.2 Litologia

Nella tavola 1.0, carta geologica allegata alla presente relazione, sono rappresentate l'estensione e le caratteristiche di ogni singola formazione litologica.

Per l'attribuzione dei pesi si è fatto riferimento alle principali esperienze metodologiche riportate in bibliografia e alla conoscenza diretta delle caratteristiche dei litotipi affioranti nell'area oggetto di studio.

La scala dei valori da applicare, secondo le linee guida del P.A.I., va da 1 a 9; i valori più alti corrispondono ai termini litologici più resistenti, compatti, poco alterati, mentre quelli più bassi ai termini più fragili e sciolti.

Nella tabella seguente sono indicati i pesi relativi assegnati ad alcune classi litologiche individuabili nel territorio della Regione Sardegna e alcune delle quali

utilizzate nel nostro studio per effettuare delle correlazioni con le litologie presenti nel territorio di Nuraminis:

Attribuzione dei pesi alle classi litologiche

<i>Classe</i>	<i>Descrizione litologica</i>	<i>Peso</i>
1	Detrito di falda con detritici e conoidi di deiezione	1
2	Depositi lagunari, lacustri e palustri	4
3	Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali	5
4	Alluvioni ghiaiose, antiche e terrazzate	5
5	Alluvioni prevalentemente sabbiose	6
6	Depositi alluvionali prevalentemente limoso argillosi	5
7	Depositi argillosi	2
8	Sabbie eoliche	2
9	Sabbie, anche grossolane con livelli ghiaiosi.	3
10	Arenarie e arenarie conglomeratiche	5
11	Marne	4
12	Calcari, calcari marnosi	7
13	Dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici	8
14	Calcescisti, micascisti, argiloscisti	4
15	anfiboliti	7
16	Gneiss con elevata densità di giunti e fratturazione	5
17	Gneiss massici e con giunti di fatturazione radi	8
18	Tufi, tufi conglomeratici	3
19	ignimbriti	7
20	basalti	8
21	Trachiti, fonoliti	7
22	andesiti	5
23	Rioliti massice	7
24	Graniti, granodioriti alterati con potenti coperture arcose	2
25	Graniti, granodioriti massici privi di copertura ed alterazione	9

Pesi litologici per il settore di Nuraminis

L'attribuzione dei pesi litologici nell'area di studio è stata fatta in funzione dell'influenza che gli stessi esercitano sull'accadimento di fenomeni di dissesto ed in particolare mediante l'utilizzo di dati di letteratura (tabelle presenti nelle linee guida del P.A.I. le quali individuano alcune classi litologiche presenti nel territorio regionale sardo), delle caratteristiche dei depositi, in base a criteri genetici e di formazione dei vari corpi litologici, in relazione alle qualità geotecniche ed infine in relazione alla loro giacitura e in rapporto all'acclività presente nel settore esaminato. Le unità presenti nel territorio indagato ed il relativo peso sono rappresentate dalle seguenti formazioni descritte nella tabella seguente:

Sigla	Unità geologica	Peso
h1m	Depositi antropici (discariche per inerti). Olocene	3
h1r	Depositi antropici (materiale di riporto e aree bonificate). Olocene	3
b2	Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti di sostanza organica. Olocene	5
bnA	Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. Olocene	5
ba	Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie da grossolane a medi. Olocene	5
bnb	Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi e argille. Olocene	5
bnc	Depositi alluvionali terrazzati. limi e argille. Olocene	5
a	Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. Olocene	1
e3	Depositi palustri. Argille molto plastiche ricche in materia organica con intercalate sabbie. Olocene	4
ea	Depositi palustri. Argille molto plastiche ricche in materia organica, talvolta con intercalazioni di sabbie contenenti gusci di bivalvi e di gasteropodi polmonati. Olocene	4
PVMRa	Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.	5
CIX	FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzose feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati. EOCENE MEDIO - ?OLIGOCENE	2
GST	MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplankton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO	4
GSTa	Litofacies nelle MARNE DI GESTURI. Tufi pomicei intercalati ed arenarie feldspatiche a tetto della formazione di Gesturi. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO	4
RML	FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.	4
VLG	CALCARI DI VILLAGRECA. Calcari bioclastici e biocostruiti (bioherme a coralli -Porites- e briozoi, e biostromi ad alghe -Lithothamnium-e molluschi -Ostrea edulis lamellosa-). AQUITANIANO INF.	6
NLL2	Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?	3
NLL2a	Litofacies nelle Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Bancate metriche di arenarie fossilifere e biocalcareni. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?	3
NLL1	Conglomerato di Duidduru (FORMAZIONE DI NURALLAO). Conglomerati poligenici eterometrici e sabbie con locali livelli di biocalcareni, talvolta con componente vulcanica. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO?	3
USS	FORMAZIONE DI USSANA. Conglomerati e breccie, grossolani, eterometrici, prevalentemente a spese di basamento cristallino paleozoico, carbonati giurassici, vulcaniti oligomioceniche; OLIGOCENE SUP. - AQUITANIANO	3
MIR	IGNIMBRITE DI MONTE IBERA. Deposito di flusso piroclastico in facies ignimbristica, di colore grigio, violacee e verdastre. OLIGOCENE SUP.	6
ZAR	ANDESITI DI MONTE ZARA. Andesiti e andesiti basaltiche, in cupole di ristagno, filoni, neck e sill. OLIGOCENE SUP.	6
OLD	ANDESITI DI MONTE OLADRI. Andesiti ipocristalline, in ammassi anche ipoabissali; OLIGOCENE SUP. (CHATTIANO)	6
MMN	ANDESITI ANFIBOLICHE DI MONTE MANNU. Andesiti massive di colore da grigio scuro a verdastro per alterazione; OLIGOCENE INF -CHATTIANO.	6
SVI	ARENARIE DI SAN VITO. Alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie medio-fini, metasiltiti con laminazioni piano-parallele, ondulate ed incrociate, e metasiltiti micacee di colore grigio. CAMBRIANO MEDIO-ORDOVICIANO INF.	6

11.2.3 Uso del suolo

In generale la presenza di una copertura vegetale costituisce una protezione della superficie del terreno dall'azione degli agenti atmosferici e un'azione di consolidamento esercitata dall'apparato radicale.

Un bosco ad alto fusto è generalmente, un impedimento al dissesto idrogeologico (massima impedenza), mentre un terreno lavorato stagionalmente, arato con sistemazione ad esempio a "ritocchino" è uno scarso impedimento all'erosione e all'instabilità del pendio (impedenza minima o nulla).

Nella tabella seguente si riportano, a titolo di esempio, alcune classi di uso del suolo che si ritengono presenti sul territorio regionale; ad ogni classe è stato attribuito un peso, secondo le principali metodologie riportate in bibliografia.

Le classi relative all'uso antropico (tessuto urbano e aree industriali), sono state genericamente valutate con peso "0", in relazione alla scala dello studio senza poter considerare particolari situazioni locali. Alle aree estrattive è stato riconosciuto un ruolo di degrado (in quanto modificano le condizioni di stabilità); alle reti stradali è stato attribuito un valore di impedenza minima, in quanto l'intaglio stradale è comunque un fattore di disturbo delle condizioni naturali. Nella seguente tabella sono indicati i valori di impedenza e i pesi ad esse corrispondenti secondo Corine – Land Cover.

Classi di uso del suolo secondo il Corine –Land Cover

Sigla	Classi di uso del suolo	Impedenza	Peso
111	Tessuto urbano continuo	Mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali	Mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
124	Areoporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione	minima	-1
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
231	Prati stabili	mediocre	0
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
311	Boschi di latifoglie	massima	+2
312	Boschi di conifere	massima	+2
313	Boschi misti	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria di alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglietti	buona	+1
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	buona	+1
331	Spiagge, dune, sabbie	nulla	-2
332	Rocce nude, falesie, rupi, e affioramenti	nulla	-2
333	Aree con vegetazione rada	minima	-1
411	Paludi	nulla	-2
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	nulla	-2
512	Bacini d'acqua	nulla	-2

Pesi uso del suolo nel territorio di Nuraminis

La presenza di una copertura vegetale svolge un'importante funzione nella difesa del suolo contrastando l'azione disagregatrice degli agenti atmosferici, in particolare delle precipitazioni, tramite azioni di tipo meccanico e di tipo idrologico.

Nel territorio di studio, sono stati applicati i pesi relativi all'uso del suolo principalmente secondo quanto prescritto dalle linee guida del P.A.I..

Alle classi d'uso del suolo nel territorio di Nuraminis, rappresentate nella Tavola 2.0, Carta uso del suolo, sono stati attribuiti i seguenti pesi:

Sigla	Classi di uso del suolo	Impedenza	Peso
1111	Tessuto residenziale compatto e denso	mediocre	0
1112	Tessuto residenziale rado	mediocre	0
1121	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	mediocre	0
1122	Fabbricati rurali	mediocre	0
1211	Aree industriali e commerciali	mediocre	0
1212	Insedimenti di grandi impianti di servizi	mediocre	0
1221	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
131	Aree estrattive	nulla	-2
133	Aree in costruzione (cantieri)	minima	-2
1421	Aree ricreative e sportive	mediocre	0
143	Cimiteri	mediocre	0
2111	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
2112	Prati artificiali	nulla	-2
2121	Seminativi semplici e colture orticole	nulla	-2
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
223	Olivetti	mediocre	0
2411	Colture temporanee associate all'olivo	minima	-1
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
3111	Boschi di latifoglie	massima	+2
31121	Piopetti, saliceti, eucalitteti ecc.	massima	+2
321	Aree a pascolo naturale e prateria di alta quota	mediocre	0
3241	Aree a ricolonizzazione naturale	buona	+1

11.2.4 CLASSI DI INSTABILITÀ POTENZIALE DEL SETTORE DI STUDIO

Sulla base delle considerazioni dei fattori descritti nelle pagine precedenti, e delle esperienze metodologiche, si definiscono le classi di instabilità potenziale dei versanti, a cui corrispondono intervalli di valori (pesi) derivati dalle operazioni di sovrapposizione previste. Si propongono 5 classi di instabilità potenziale, con valore decrescente di gravità; la classe di maggiore instabilità è quella corrispondente a valori più bassi dei pesi (ridotte quindi sono le qualità dei fattori considerati), mentre un pendio stabile è rappresentato da valori più alti (i fattori che contribuiscono hanno buone caratteristiche di tenuta). Sono riportate nella seguente tabella le classi di instabilità potenziali.

Classi di instabilità potenziale

Classe di instabilità	descrizione	pesi	
		da	a
1	Situazione potenzialmente stabile	10	12
2	Instabilità potenziale limitata	7	9
3	Instabilità potenziale media	4	6
4	Instabilità potenziale forte	1	3
5	Instabilità potenziale massima	-3	0

La carta delle instabilità potenziali (tav. 4.0) è stata elaborata considerando i principali fattori predisponenti la franosità, ossia: la litologia; il rapporto tra strutture geologiche e giacitura dei versanti; acclività dei versanti; l'uso del suolo e la copertura del suolo.

In particolare è da sottolineare come i metodi proposti dalle linee guida del P.A.I. ed in particolare mediante la sovrapposizione di vari tematismi (overlay mapping) della litologia, uso del suolo e pendenze, e i relativi pesi consigliati dalle stesse linee guida, inducono, come nel nostro caso, ad una sovrastima della pericolosità di frana in alcune aree; in generale è stato rilevato che alcune aree con pericolosità assente o moderata presentano un'instabilità potenziale media o elevata.

Di conseguenza i risultati ottenuti dall'applicazione del metodo proposto dalle linee guida del P.A.I. consentono di ottenere anche in quelle aree pianeggianti, prive di azioni gravitative, con acclività compresa tra 0% e 10%, perimetrazioni di instabilità potenziale media ed elevata. Questa situazione si riscontra in quelle aree pianeggianti caratterizzate

da una litologia sedimentaria di carattere detritico-eluviale associata ad usi del suolo rappresentati da seminativi o depositi antropici.

I risultati ottenuti con l'utilizzo di tale metodo presentano una situazione penalizzante e inaccettabile da proporre per il territorio di studio, di conseguenza, risulta fondamentale il confronto tra la carta della instabilità potenziale e la carta geomorfologica (carta dei fenomeni franosi) per eliminare le incongruenze presenti nella carta delle instabilità potenziali, questo ci permette di ottenere dei risultati realistici della carta di pericolosità di frana per il nostro contesto di studio.

11.3 ALTRI TEMATISMI DI VERIFICA

11.3.1 ESPOSIZIONE

L'esposizione influisce sui processi di trasformazione dei versanti, in quanto i versanti esposti a nord sono quelli più freddi e umidi (con cicli giornalieri, non solo stagionali), mentre quelli esposti a sud hanno condizioni più miti.

Nella tabella che segue si riporta a titolo di esempio una classificazione in base all'esposizione dei versanti.

Classificazione dell'esposizione dei versanti

Classe	Orientazione
1	N
2	NNE
3	NE
4	NNE
5	E
6	EES
7	ES
8	SSE
9	S
10	SSO
11	SO
12	OOS
13	O
14	OON
15	ON
16	ONN
-1	Aree di pianura

11.3.2 FATTORI CLIMATICI

Le variazioni climatiche, e gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili. Dati bibliografici, indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto, secondo la seguente tabella.

Influenza della piovosità media annua sulla propensione al crollo

mm/a	zona
>1600	<i>Sicuramente franosa</i>
1600-1300	<i>Probabilmente franosa</i>
1300-1000	<i>Mediamente franosa</i>
1000-700	<i>Raramente franosa</i>
<700	<i>Non franosa</i>

Nell'ambito dello studio il fattore "precipitazioni", ha indubbiamente una notevole influenza sulla stabilità dei versanti a causa dei valori elevati e dell'intensità dei fenomeni registrati. In relazione al confronto tra i dati pluviometrici registrati nel territorio di Nuraminis e la tabella d'influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto possiamo collocare, secondo questo fattore di dissesto, il territorio di studio in un ambito non franoso.

12.0 CARTA GEOMORFOLOGICA (CARTA DEI FENOMENI FRANOSI)

La carta geomorfologica ha come obbiettivo quello di fornire un quadro completo sulla distribuzione dei fenomeni franosi nel territorio di Nuraminis.

La metodologia utilizzata per la perimetrazione e la classificazione della pericolosità di frana considera i fattori principali che hanno influenza diretta o indiretta sulle condizioni di stabilità dei versanti.

La legenda della carta geomorfologica è stata adattata alle caratteristiche dell'area esaminata, tenendo conto che spesso non è possibile rappresentare fenomeni, forme e processi di versante di piccole dimensioni.

Di conseguenza per la zonazione del territorio si è fatto riferimento al concetto di area o bacino di pericolosità, ovvero alla zona in cui sono riunite le condizioni che stanno alla base del meccanismo di instabilità.

Nel caso di fenomeni franosi o processi erosivi il bacino di pericolosità è generalmente limitato all'estensione del versante.

Il lavoro, mediante varie operazioni, ci permette di ricavare una carta dei fenomeni franosi dalla verifica dei risultati dell'analisi geomorfologica sul terreno, dove è possibile identificare i fenomeni franosi effettivamente presenti nel territorio (rappresentati nella carta geomorfologica o carta dei fenomeni franosi).

La carta geomorfologica o dei fenomeni franosi è una rappresentazione dei fenomeni di dissesto in atto e dei fattori che determinano la suscettibilità dei versanti al verificarsi di movimenti gravitativi di massa.
























La carta dei fenomeni franosi è il risultato di uno studio di dettaglio che rappresenta oltre le forme legate all'orografia e strutturali, all'idrografia superficiale, all'azione delle acque correnti superficiali di versante, all'azione antropica e le forme legate all'azione della gravità.

Tali classi sono basate sulla valutazione dei seguenti parametri principali:

- Superfici di versante ad elevata energia del rilievo: individuano tutte quelle aree in cui sono presenti caratteri fisici del territorio che rappresentino fattori predisponenti fenomeni di instabilità, quali caratteri litologici, clivometrici e giaciturali nonché caratteri relativi alle coperture detritiche superficiali. In particolare sono quelle aree caratterizzate da dinamiche di versante connesse con fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato, locali fenomeni di crollo in prossimità delle cornici rocciose, settori caratterizzati da elevate pendenze (maggiori del 36%), ecc.
- Presenza di fenomeni franosi erosivi o in atto: si tratta principalmente di aree caratterizzate da pericolosità di frana estremamente elevata per la presenza di fronti rocciosi, scarpate sia naturali sia ottenute da attività antropica (cave) soggette a fenomeni gravitativi, di crollo, ribaltamento ecc.
- Superfici interessate da attività estrattive o dismesse non ancora recuperate: si tratta di aree interessate da attività estrattive o dismesse non ancora recuperate e di conseguenza interessate da fenomeni di instabilità gravitativa sia dei fronti di scavo sia delle aree di pertinenza all'attività;
- Presenza di fenomeni franosi o erosivi quiescenti o potenziali.

Di seguito viene riportata la legenda della carta geomorfologica, in cui vengono descritti sinteticamente i principali processi geomorfologici presenti nel territorio di Nuraminis.

Legenda

	acque pubbliche Nuraminis
	Corsi d'acqua principali
	CS10 Nichia o riparo
	Sezioni geologiche (AB, CD e EF)
	Sezioni caduta massi (A-A' e BB')
	GS03 Faglia preseunta
	GS02 Faglia certa
	GS13 Orlo di scarpata
	FD20 Superficie con forme di dilavamento
	Area caratterizzata da trovanti sul pendio
	Superficie di versante ad elevata energia del rilievo con detriti di versante e trovanti
	AN05 ? scavi nuraminis
	AN21 depositi antropici, materiali di riporto e aree bonificate
	LA01 materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa.
	LA05 materiali alluvionali o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa
	LD01 materiali della copertura detritica eluviale e/o colluviale
	LF04 materiali sciolti per accumulo di frana per crollo e colati detriti
	LS05 rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)
	LS06 rocce ruditiche (ghiaie e conglomerati)
	LS07 rocce effusive e vulcanoclastiche
	LSO1 rocce prevalentemente calcaree
	LSO4 rocce costituite da alternanze
	LSO9 rocce metamorfiche scistose

13.0 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' DI FRANA

La carta di sintesi della pericolosità di frana deriva dalla verifica dei risultati dell'analisi geomorfologica nel terreno e dell'analisi delle condizioni di potenziale instabilità. Di conseguenza possiamo affermare che per l'assegnazione della classe di pericolosità nel territorio in esame ha avuto un ruolo fondamentale la carta geomorfologica o carta della franosità, la quale ha permesso di delimitare quelle aree in cui erano realmente presenti condizioni d'instabilità sul terreno dalle aree che non presentano condizioni di franosità.

L'attribuzione del livello di pericolosità ad un'area discenderà dal confronto tra lo stato di fatto attuale dei fenomeni franosi e le condizioni generali di instabilità potenziale sulla base di alcuni criteri generali quali: prevalenza di classe di instabilità potenziale;

presenza di indizi geomorfologici; presenza di fenomeni di dissesto in atto o di indizi in movimento; presenza di fattori tettonici; presenza di copertura boschiva; presenza di fattori altimetrici.

In particolare nel settore di studio sono state considerate come aree a pericolosità moderata (Hg1), indipendentemente dalla litologia e dall'uso del suolo, tutte quelle aree caratterizzate da un'acclività inferiore a 20%; fanno eccezione le zone di cava in quanto indipendentemente dalla pendenza si è attribuito a queste aree una pericolosità elevata o molto elevata (Hg3 o Hg4).

Considerato che all'interno della classe di pericolosità Hg1 si ritrovano aree caratterizzate da una pericolosità assente o moderata è stata introdotta una classe ulteriore Hg0, definita come aree non soggette a fenomeni franosi (aree bianche) che include tutte quelle aree pianeggianti, con acclività compresa tra 0-10%, che con moderata certezza si possono ritenere caratterizzate da scarsa probabilità di manifestazioni franose.

Le aree contraddistinte dalla presenza di fenomeni di dilavamento diffuso nei versanti, caratterizzati da acclività compresa tra 21% e 35% e da litologie rappresentate da depositi conglomeratici o depositi sabbiosi, sono state classificate come aree a pericolosità media di frana. La degradazione di questi terreni, facilmente erodibili, è dovuta in gran parte sia alla litologia presente sia all'utilizzo di macchine agricole pesanti nonché ai metodi di lavorazione, in particolare aratura a ritocchino (eseguite nel senso della massima pendenza).

Le aree caratterizzate da fenomeni franosi quiescenti o potenziali tali da condizionare l'uso del territorio sono state classificate come aree a pericolosità elevata Hg3; in particolare sono quelle aree caratterizzate dalla presenza di pareti in roccia orli di scarpata e fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato oppure occupate da aree estrattive.

Le aree all'interno delle quali si riconoscono fenomeni in atto o quiescenti tali da condizionare fortemente l'uso del territorio sono classificate come aree a pericolosità molto elevata da frana Hg4. In particolare sono quelle aree caratterizzate da frane di crollo, superficie di versante ad elevata energia del rilievo con falde e coni di detrito attivi, orli di scarpata rocciosa, scarpate derivate da attività estrattiva e qualsiasi superficie generica interessata da instabilità gravitativa.

In particolare, qui di seguito si specificano in dettaglio i quattro livelli di pericolosità al fine di una omogenea attribuzione:

H1 - Aree a pericolosità moderata

Le aree che ricadono in questa classe sono caratterizzate da condizioni generali di stabilità dei versanti, ovvero presentano i seguenti caratteri:

- classi di instabilità potenziale limitata o assente (classe 2 e classe 1);
- presenza di copertura boschiva;
- esposizione prevalente dei versanti: Nord;
- litologia prevalente: depositi alluvionali sabbiosi, calcari, dolomie e calcari dolomitici, etc.

H2 - Aree a pericolosità media

Le aree che ricadono in questa classe sono caratterizzate da prevalenti condizioni di media pericolosità, in particolare da:

- classe di instabilità potenziale media (classe 3);
- fenomeni di soliflusso;
- fenomeni di dilavamento diffuso;
- frane di crollo non attive/stabilizzate;
- frane di scorrimento attive/stabilizzate;
- aree di conoidi non attivatisi recentemente o completamente protette da opere di difesa;
- superfici degradate per pascolamento;
- presenza di copertura boschiva;
- esposizione prevalente dei versanti: Nord;
- litologia prevalente: depositi alluvionali depositi sabbiosi, porfidi, marmi saccaroidi e dolomitici, graniti massicci;

H3 - Aree a pericolosità elevata

Le aree che ricadono in questa classe sono prevalentemente caratterizzate da fenomeni quiescenti e potenziali tali da condizionare l'uso del territorio; in particolare da:

- classe di instabilità potenziale forte (classe 4);
- presenza di lineamenti tettonici;
- pareti in roccia;
- orlo di scarpata o di terrazzo;
- falde e con di detrito colonizzati;
- fenomeni di erosione delle incisioni vallive;
- frane di crollo quiescenti;

- frane di scorrimento quiescenti;
- deformazioni gravitative profonde di versante non attive;
- aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte;
- fenomeni di fluidificazione dei suoli;
- fenomeni di soliflusso o fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato;
- litologia prevalente: depositi detritici; depositi alluvionali antichi, recenti, attuali; depositi argillosi e marnosi; calcescisti, micascisti, argilloscisti; filladi; anfiboliti, gneiss fratturati; graniti alterati con copertura di sabbioni.

H4 - Aree a pericolosità molto elevata

Le aree che ricadono in questa classe sono, in prevalenza, caratterizzate da una concentrazione di fenomeni in atto tali da condizionare fortemente l'uso del territorio; in particolare da:

- classe di instabilità potenziale massima (classe 5);
- falde e con di detrito attivi, in particolare posizionati in quota e su versanti esposti a sud;
- aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte;
- canali in roccia (e non) con scarico di detrito o frane di crollo attive
- frane di scorrimento attive;
- scivolamenti rapidi in roccia, detrito, fluidificazione di terreni sciolti superficiali
- piccole frane;
- deformazioni gravitative profonde di versante attive;

14.0 ALLEGATI CARTOGRAFICI

Lo studio è stato svolto secondo le indicazioni delle “linee guida per l’adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al P.P.R. e al P.A.I. – I fase: riordino delle conoscenze (febbraio 2007)”, emanate dall’Ufficio del Piano dell’Assessorato degli E.E.L.L. Finanze e Urbanistica della Regione Autonoma della Sardegna e attraverso l’elaborazione di svariati tematismi, mediante il software GIS, il quale ha permesso, in fase di stampa di ottenere le seguenti carte tematiche:

- Tavola 1.0 - Carta geologica; (scala 1: 10.000);
- Tavola 2.0 - Carta Uso del Suolo; (scala 1: 10.000);
- Tavola 3.0 - Carta delle pendenze; (scala 1: 10.000);
- Tavola 4.0 - Carta delle instabilità potenziali; (scala 1: 10.000);
- Tavola 5.0 - Carta Geomorfologica; (scala 1: 10.000);
- Tavola 6.0 - Carta della Pericolosità di Frana; (scala 1: 10.000);
- Tavola 6.1 - Carta della Pericolosità di frana Nuraminis; (scala 1:2.000);
- Tavola 6.2 - Carta della Pericolosità di Frana Villagreca; (scala 1:1.000);
- Tavola 7.0 - Carta Sezioni Geologiche AB e CD; (scala 1:2.000).

15.0 CONCLUSIONI

Il presente studio di compatibilità geologica e geotecnica, esteso all'intero territorio comunale di Nuraminis, redatto in ottemperanza della L.R 30.2011 n. 12 art. 16 comma 6 – Assegnazione risorse finanziarie da destinare, quale contributo, agli enti locali per la gestione del P.A.I., nell'ambito della pianificazione locale. In forza dell'art. 16 comma 6, della L.R. 12/2011 e ss.mm.ii., sono state stanziare nel bilancio regionale, apposite risorse finanziarie "da destinare come contributi agli enti locali per la gestione del P.A.I., nell'ambito della pianificazione locale ai sensi degli articoli 4, 8 e 26 delle norme di attuazione del PAI, nonché per la predisposizione delle proposte di variante conseguenti alla realizzazione delle opere di prevenzione del rischio.

A sostegno di tale studio ci siamo avvalsi di dati bibliografici, informazioni e documenti forniteci dall'ufficio tecnico comunale, ed in particolare sono stati consultati gli studi utilizzati per l'elaborazione del Piano Urbanistico Comunale e gli studi geologici eseguiti per realizzare alcune opere di consolidamento idraulico, nell'abitato di Nuraminis, in prossimità del "Riu Gloria".

A tal fine si è proceduto ad un rilevamento geologico del territorio, alla consultazione dei dati e della bibliografia disponibile e allo studio delle principali caratteristiche dei terreni presenti, con redazione di svariate carte tematiche, che hanno permesso di evidenziare le principali peculiarità del territorio in esame.

Le carte prodotte sono le seguenti: *tav.1.0* carta geologica (scala 1:10.000); *tav.2.0* carta uso del suolo (scala 1:10.000); *tav.3.0* carta delle acclività (scala 1:10.000); *tav.4.0* carta delle instabilità potenziali (scala 1:10.000); *tav.5.0* carta geomorfologica (scala 1:10.000); *tav.6.0* carta della pericolosità di frana (scala 1:10.000); *tav.6.1* carta della pericolosità di frana Nuraminis (scala 1:2.000); *tav.6.2* carta della pericolosità di frana Villagreca (scala 1:1.000) *tav.7.0* carta delle sezioni geologiche A-B, C-D e EF (scala 1:2.000).

Dalla lettura e dall'interpretazione di queste carte tematiche, che permettono di visualizzare le principali caratteristiche del territorio comunale di Nuraminis, si evince l'eterogeneità delle litologie affioranti e, di conseguenza, delle forme morfologiche del territorio.

Dal punto di vista morfologico il territorio di studio è caratterizzato principalmente da una morfologia pianeggiante e solo ad est della Strada Statale 131 si riscontra una morfologia collinare, man mano che ci spostiamo verso la regione della "Trexenta".

In particolare l'area occidentale, rispetto ai centri abitati, è caratterizzata da una serie di terrazzi alluvionali antichi, debolmente inclinati verso ovest, che giacciono alla quota di circa 100 m s.l.m.. Il settore orientale è caratterizzato dalla presenza di rilievi collinari isolati con quote variabili da 143 metri a 257 metri circa del “M.te Coa Margine”.

Tra questi rilievi, tutti posizionati a est dei centri abitati di Villagrecia e Nuraminis, da nord a sud vengono segnalati quelli maggiormente sviluppati: “M.te Coa Margine” (257.69) che rappresenta il punto più alto di una dorsale calcarea (Calcari di Villagrecia) avente direzione NW-SE e inclinazione E-NE, che si estende lungo il “M.te Su Crucuri” (207.06 metri) fino al “M.te Matta Murronis” (202.52 metri); il “M.te Leonaxi” (181.67 metri), dalla caratteristica forma conica a base larga, rappresenta una cupola andesitica; il rilievo collinare “Costa Bissenta Spada” (153.96 metri), rappresentato dalla “formazione di Nurallao”; “M.te Nieddu” (143.87 metri) rappresentato dalla “formazione di Ussana”.

Altri rilievi si riscontrano a est dei centri abitati e sono rappresentati da colline caratterizzate prevalentemente da forme dolci che si raccordano gradualmente con la sottostante morfologia pianeggiante.

Le unità litologiche riscontrate nell'area di studio sono rappresentate dalle seguenti litologie:

1) **I depositi antropici**: caratterizzati da discariche per inerti e materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE; 2) **Coltri eluvio-colluviali**. OLOCENE; 3) **Depositi alluvionali terrazzati**. OLOCENE; 4) **Marne di Gesturi e relative litofacies**. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO; 5) **Formazione della Marmilla**. AQUITANIANO; 6) **Calcari di Villagrecia**. AQUITANIANO INF. 6) **Formazioni Vulcaniche**: rappresentate dalle ANDESITI ANFIBOLICHE DI MONTE MANNU, IGNIMBRITE DI MONTE IBERA e ANDESITI DI MONTE OLADRI. OLIGOCENE SUP (CHATTIANO); 7) **Unità tettonica dell'Arburese**: ARENARIE DI SAN VITO. CAMBRIANO MEDIO-ORDOVICIANO INF.

I corsi d'acqua principali che scorrono nel territorio di Nuraminis sono: il “Riu Suesus”, che cambia in “Riu Malu” a sud, che rappresenta il dreno principale dei corsi d'acqua provenienti dalle aree situate in prossimità dell'abitato di Nuraminis e Villagrecia, il “Riu de sa Corona” a nord di Villagrecia, il “Riu Gloria” che attraversa il centro abitato di Nuraminis (tombinato), il “Riu Pardu” a est, che cambia in “Riu Su Rettori” man mano che ci spostiamo a sud, e il “Riu S. Pietro” a sud dell'abitato di Nuraminis.

Altri reticoli minori attraversano il territorio di Nuraminis tra cui si segnalano “Gora Crabili”, “Gora Paoli Anadis” e “Gora S’Arrettori”.

Nell’area in studio sono state individuate diverse classi di permeabilità in relazione alle caratteristiche litologiche presenti: **Unità metamorfica Superiore paleozoica**; riferibile alle Arenarie di San Vito, rappresentata da una permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente, in corrispondenza delle lenti carbonatiche, medio alta per fessurazione e carsismo; **Unità Detritico-Carbonatica Eocenica**; riferibile ai conglomerati arenarie e siltiti argillose appartenenti alla formazione del Cixerri, rappresentata da una permeabilità bassa per fessurazione. **Unità delle vulcaniti Oligo-Mioceniche**; riferibile alle ignimbriti di Monte Ibera, Andesiti di Oladri e Andesiti anfiboliche di Monte Mannu; caratterizzate da una permeabilità per fessurazione complessiva medio bassa, più alta nei termini con sistemi di fratturazione marcati (espandimenti ignimbritici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli andesitici e rari basalti, talora brecciati, in cupole di ristagno e colate; **Unità detritico carbonatica Oligo Miocenica**; riferibile alle Marne di Gesturi, Formazione della Marmilla e Calcari di Villagreca, rappresentata da una permeabilità per fessurazione complessivamente medio alta per fessurazione e carsismo (calcari); localmente medio bassa in corrispondenza dei termini marnosi vulcanici; **Unità delle alluvioni Plio-Quaternarie**; riferibile ai depositi alluvionali terrazzati, alle coltri eluvio colluviali e ai depositi antropici, rappresentata da una permeabilità per porosità complessiva medio-bassa, localmente medio alta nei livelli a matrice più grossolana.

In relazione al confronto tra i dati pluviometrici registrati nel territorio di Nuraminis, che registra una piovosità media annua di 536,8 mm di pioggia, e la tabella d’influenza della piovosità media annua sulla propensione al dissesto possiamo collocare, secondo questo fattore di dissesto, il territorio di studio in un ambito non franoso.

La metodologia utilizzata per la perimetrazione e la classificazione della pericolosità di frana è stata quella proposta dalle linee guida del P.A.I. Essa consiste nell’elaborazione di alcune carte tematiche, carta delle pendenze, carta della litologia e carta dell’uso del suolo, a cui vengono assegnati per ciascuna area omogenea dei relativi pesi. Successivamente mediante la sovrapposizione (overlay) di queste carte è stato possibile ottenere la carta della instabilità potenziale dei versanti; quest’ultima carta confrontata con la carta geomorfologica ha permesso di ottenere la carta della pericolosità di frana del settore di studio.

Considerata la sopravvalutazione della pericolosità ricavata nella carta della instabilità potenziale, applicando i metodi delle linee guida del P.A.I., è stato necessario apporre delle valutazioni di carattere geomorfologico per ottenere delle classificazioni di pericolosità di frana attendibili e realistiche per il territorio analizzato.

In particolare nel settore di studio sono state considerate come aree a pericolosità moderata (Hg1), indipendentemente dalla litologia e dall'uso del suolo, tutte quelle aree caratterizzate da un'acclività inferiore a 20%; fanno eccezione le zone di cava in quanto indipendentemente dalla pendenza si è attribuito a queste aree una pericolosità Hg3 e Hg4. Considerato che all'interno della classe di pericolosità Hg1 si trovano aree caratterizzate da una pericolosità assente o moderata è stata introdotta una classe ulteriore Hg0, definita come aree non soggette a fenomeni franosi (aree bianche), che include tutte quelle aree pianeggianti, con acclività compresa tra 0-10%, che con moderata certezza si possono ritenere caratterizzate da scarsa probabilità di manifestazioni franose. Tali aree sono situate a ovest della strada statale 131.

Le aree caratterizzate dalla presenza di fenomeni di dilavamento diffuso nei versanti, caratterizzati da acclività compresa tra 21% e 35% e litologie ascrivibili a depositi alluvionali o depositi sabbiosi, sono state classificate come aree a pericolosità media di frana. In questo settore, situato ad est della S.S.131, sono compresi gli areali che si estendono dalla località "Sa Scrocca" fino al rilievo di "Costa Bissenta Spada" a monte dell'abitato di Nuraminis. La degradazione di questi terreni, facilmente erodibili, è dovuta in gran parte sia alla litologia presente sia all'utilizzo di macchine agricole pesanti nonché ai metodi di lavorazione, in particolare aratura a ritocchino (eseguite nel senso della massima pendenza).

Le aree caratterizzate da fenomeni franosi quiescenti e potenziali tali da condizionare l'uso del territorio sono stati classificati come aree a pericolosità elevata Hg3; in particolare sono quelle aree caratterizzate da pareti in roccia orli di scarpata e fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato.

Tra i settori a pericolosità elevata è compresa la dorsale calcarea situata a nord-est di Nuraminis, la quale a partire dalla località "Serra Cannigas" comprende parte del "Monte Su Crucuri" e "Monte Matta Muronis". Inoltre sono compresi in questa classe di pericolosità alcuni areali a nord di Villagreca, Monte Leonaxi e Matta Abbruxiada", e a sud-est del territorio di studio nelle località denominate "Cuc.Ru Antoni Cocco", "Serra Chiredda" e "Br.Cu Paolo Lilliu". Infine vengono inseriti a pericolosità elevata gli areali destinati ad attività estrattiva in località "Palas De Grutta".

Le aree all'interno delle quali si riconoscono fenomeni in atto o quiescenti tali da condizionare fortemente l'uso del territorio sono classificate come aree a pericolosità molto elevata da frana Hg4. In particolare sono quelle aree caratterizzate da frane di crollo, superficie di versante ad elevata energia del rilievo con falde e coni di detrito attivi, orli di scarpata rocciosa, scarpate derivate da attività estrattiva e qualsiasi superficie interessata da instabilità gravitativa. Tali areali si riscontrano a nord-est del territorio di studio, nella dorsale calcarea e comprende le località di ***“Monte Coa Margine”, “Gutturu Droxiu” e “Sa Corona” e in quelle aree sottoposte ad attività estrattiva in località “Monte Su Cruccuri”.***

Infine va sottolineato che esistono alcune piccole aree, in prossimità delle campagne di Villagreca classificate sia a pericolosità Hg3, per la presenza di fenomeni franosi di instabilità potenziale legati ad alcuni piccoli affioramenti rocciosi, di modesta entità, sia a pericolosità Hg4 in località “Sa Grutta” per la presenza di una Grotta.

In conclusione si propone l'esame di dettaglio e le relative perimetrazioni della pericolosità di frana, rappresentate nelle elaborazioni cartografiche allegate alla presente relazione, per richiedere l'apposito parere all'Autorità di Bacino, Direzione Generale ADIS- Servizio difesa del suolo, assetto idrogeologico e gestione del rischio alluvioni, sulle analisi di maggior dettaglio oggetto del presente studio.

L'Ingegnere
Ing. Laura Cappelli

Il Geologo
Geol. Roberto Zedda