

# COMUNE DI OSSI

Provincia di Sassari

PROGETTO

## STUDIO DI VARIANTE AL P.A.I.

ai sensi del comma 3, lettera b,  
dell'art. 37 delle N.A. del P.A.I.

ELABORATO

**A**

TITOLO

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

II COMMITTENTE

**SERRA Salvatore**

II R.U.P.

I Progettisti

Dott.ssa Geol.

**Donatella Giannoni**

Dott. Ing.

**Massimo Posadinu**

Scala

Varie

EMISSIONI/REVISIONI

n.

Descrizione

Data

1

Emissione

Luglio 2024

2

Revisione

Gennaio 2026

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
1.1 AREE A PERICOLOSITA' PER FRANA - VINCOLI VIGENTI (PAI, IFFI, ECC...)	4
1.2 OBIETTIVO DELLO STUDIO	6
<b>2. METODOLOGIA DI ZONAZIONE ADOTTATA</b>	<b>6</b>
<b>3. DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO_TAV. 1</b>	<b>9</b>
<b>4. CARTA LITOLOGICA E GEOMORFOLOGICA_TAV.2</b>	<b>11</b>
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	11
4.2 LITOLOGIA	13
4.1 GEOMORFOLOGIA	15
4.2 ANALISI CADUTA MASSI	20
<b>5. CARTA DELLE PENDENZE_TAV.3</b>	<b>29</b>
<b>6. CARTA DELL'USO DEL SUOLO_TAV.4</b>	<b>29</b>
<b>7. CARTA DELL'INSTABILITA' POTENZIALE DEI VERSANTI_TAV.5</b>	<b>30</b>
<b>8. CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA_PROPOSTA_TAV.7</b>	<b>31</b>
<b>9. CARTA DEL DANNO POTENZIALE_TAV.8</b>	<b>33</b>
<b>10. CARTA DEL RISCHIO DA FRANA_TAV.9</b>	<b>34</b>
<b>11. SCHEDA IFFI</b>	<b>35</b>

## 1. PREMESSA

L'art. 37 comma 1 delle Norme di Attuazione del PAI stabilisce che *"Il PAI possiede efficacia a tempo indeterminato e può essere sottoposto a varianti generali di aggiornamento, e, per le integrazioni e modifiche puntuali, a varianti puntuali, a seguito di documentata istanza dei competenti Enti locali."*

In particolare l'articolo 37, comma 3, lettera b, riconosce tra i motivi di varianti al PAI gli *"studi a scala di maggior dettaglio eseguiti da enti territoriali ed enti locali e studi comunali di assetto idrogeologico ...."*

Il sig. Salvatore Serra ha affidato agli scriventi la redazione dello studio necessario a pervenire alla variante al PAI nel settore di un versante ubicato nell'agro del comune di Ossi.

Con la L. n. 120 del 11 settembre 2020 sono state introdotte rilevanti misure di semplificazione dei procedimenti di competenza dell'Autorità di Bacino. La norma, introduce una disciplina delle varianti puntuali ai Piani stralcio relativi all'assetto idrogeologico (PAI), ossia delle modifiche della perimetrazione e/o della classificazione delle aree a pericolosità e rischio, assegnando al Segretario generale dell'Autorità di Bacino distrettuale la competenza all'approvazione delle varianti al PAI conseguenti a tre fattispecie generali:

- 1) realizzazione di interventi collaudati per la mitigazione del rischio;
- 2) verificarsi di nuovi eventi di dissesto idrogeologico;
- 3) approfondimenti puntuali del quadro conoscitivo.

Il legislatore intende, quindi, snellire le procedure di aggiornamento dei PAI, nei casi in cui tale aggiornamento dovrebbe avvenire «in automatico», come, ad esempio, a seguito di un evento calamitoso che ha colpito aree non riconosciute in precedenza a rischio idrogeologico, o a seguito di un intervento di messa in sicurezza di un'area che, pertanto, non presenta più le caratteristiche di rischio che aveva in precedenza, o ancora a seguito di studi di approfondimento dai quali si evince una diversa situazione di rischio e pericolosità cui è sottoposta una determinata area, tenuto conto, in riferimento soprattutto a quest'ultimo caso del fatto che spesso le aree a rischio e pericolosità individuate nei PAI sono state determinate attraverso metodi speditivi, limitando gli studi approfonditi a quelle situazioni già note o in cui era presente una importante esposizione al rischio.

Pertanto con la L.120/2020 si consente al Segretario generale dell'Autorità di bacino distrettuale di approvare con proprio atto tutte le modifiche locali della perimetrazione e/o classificazione delle aree a pericolosità e rischio dei PAI, garantendo, al contempo, le adeguate forme di pubblicità all'atto e previo parere della Conferenza Operativa, nella quale sono presenti i rappresentanti delle diverse istituzioni del territorio dell'Autorità distrettuale.

Con delibera del Comitato Istituzionale n. 1 del 04.12.2020 vengono approvate le *Direttive applicative della L. n. 120/2020 ai procedimenti di variante dei piani per l'assetto idrogeologico* (Allegato A), con le quali si definiscono le fasi procedurali a regime e i termini di svolgimento delle "varianti puntuali", che vengono così sintetizzate:

- a) verifica delle condizioni di procedibilità
- b) verifica delle condizioni di ammissibilità
- c) istruttoria della proposta di variante puntuale al PAI e trasmissione preposta istruita al Segretario Generale
- d) convocazione e svolgimento conferenza operativa – partecipazione consultazione e osservazione
- e) approvazione variante puntuale;
- f) pubblicità.

In relazione alle varianti puntuali viene definita la documentazione e gli elaborati tecnici dello studio di variante, la cui presenza costituisce condizione di procedibilità.

Di seguito l'elenco degli elaborati tecnici riferiti all'area oggetto di studio come definito nell'Allegato A delle Direttive (O= obbligatoriamente presenti; E= possono essere prodotti o richiesti).

	studio geomorfologico	.PDF/A	.SHP	Condizione di procedibilità
<b>a</b>	Relazione illustrativa, contenente idonea motivazione in merito alle modifiche proposte alla pericolosità vigente	O		SI
<b>b</b>	Carta con inquadramento territoriale dell'area di studio	O	O	SI
<b>c</b>	Carta della pericolosità vigente	O	E	SI
<b>d</b>	Carta della pendenza dei versanti	O	E	
<b>e</b>	Carta litologica	O	E	
<b>f</b>	Carta dell'uso del suolo	O	E	
<b>g</b>	Carta dell'instabilità potenziale dei versanti	O	E	
<b>h</b>	Carta geomorfologica e dei fenomeni franosi	O	E	
<b>i</b>	Carta della pericolosità da frana derivante dallo studio di variante proposto	O	O	SI
<b>l</b>	Carta del danno potenziale derivante dallo studio di variante proposto	O	O	SI
<b>m</b>	Carta del rischio derivante dallo studio di variante proposto	O	O	SI
<b>n</b>	Schede sintetiche delle aree Hg4 e Hg3, compilate almeno per i soli campi di localizzazione e di primo inquadramento secondo il modello IFFI	O		
<b>o</b>	Schede degli interventi di mitigazione del rischio da frana ( <i>da presentare in caso di variante per studi comunali di assetto idrogeologico ai sensi dell'art. 8 delle NA del PAI, commisurate alla natura, entità e tipologia dell'area di studio</i> )	O		SI
<b>p</b>	Carte della pericolosità e del rischio ante e post operam ( <i>da presentare in caso di variante a seguito di collaudo di interventi di mitigazione</i> )	O	O	SI
<b>q</b>	Collaudo o certificato di regolare esecuzione ( <i>da presentare in caso di variante a seguito di collaudo di interventi di mitigazione</i> )	O		SI

### **1.1 AREE A PERICOLOSITA' PER FRANA - VINCOLI VIGENTI (PAI, IFFI, ECC...)**

**PAI:** Il PAI vigente nel territorio comunale di Ossi deriva dallo studio di variante del sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo, approvato in via definitiva dal Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 4 del 21.01.2016, all'interno del quale il territorio comunale è compreso per intero.

I perimetri delle aree di pericolosità da frana individuate da tale variante relativi all'area di studio sono stati riportati nell'allegato Tav. 6 Carta delle aree a pericolosità da frana\_PAI vigente.

Il PAI in vigore individua nel territorio comunale aree pericolose per frana con classi Hg3 e Hg2 e la relativa scheda descrittiva dei dissesti sintetizza come segue:

#### Principali aree di dissesto

*Il comune di Ossi dal punto di vista geomorfologico può essere suddiviso in due settori, quello settentrionale costituito da ripiani terrazzati separati da valli profondamente incise, su cui è edificato il centro comunale e sono presenti le principali aree urbanizzate e quello meridionale, collinare e occupato quasi esclusivamente da aree agricole, soprattutto prati e pascoli e da aree estrattive. Il substrato è costituito prevalentemente da marne mioceniche, tuttavia, sulla superficie dei ripiani terrazzati affiorano diffusamente dei complessi francamente calcarei, anch'essi miocenici, che formano una serie di pareti rocciose instabili all'apice della scarpate di terrazzo. Proprio a queste ultime forme sono legati i principali dissesti, rappresentati per lo più da frane per crollo.*

#### Pericolosità ed elementi a rischio

*Il comune di Ossi è sicuramente uno dei più problematici del sassarese. Tale condizione dipende, oltre che dalla morfologia del territorio, soprattutto dal fatto che l'abitato è stato realizzato sull'orlo di un altopiano, la cui superficie è formata in prevalenza da calcari miocenici poggianti su formazioni costituite essenzialmente da marne e calcari marnosi. Pertanto lungo gli orli delle scarpate si formano pareti rocciose di decine di metri di altezza, che progressivamente arretrano a seguito di periodiche frane per crollo. Il centro abitato è impostato all'interno di un'incisione che taglia i bordi dell'altopiano ed è quindi costruito ai margini o alla base di scarpate potenzialmente instabili. Tra l'altro all'interno dei calcari sono stati ricavati dei vani sotterranei le cui imboccature in parte sono visibili dall'esterno, ma sicuramente altre sono accessibili solo dall'interno delle abitazioni, oppure sono murate e se ne è persa memoria. E' quindi un'area potenzialmente soggetta a dissesti tipo sinkhole.*

.....

*Oltre al centro abitato risultano a rischio alcuni tratti delle provinciali, in particolare della SP 3 a Nord e della SP 97 a Sud. Risulta minacciato da frane per crollo anche un tratto della ferrovia Sassari – Chilivani, nonché alcune zone archeologiche o di interesse storico culturali minori, nonché tratto della rete elettrica e acquedottistica.*

.....

### Interventi

*Interventi per mitigare il rischio frane sono stati realizzati diffusamente in passato sia nel centro abitato (chiodature, reti radenti, muri di contenimento, probabilmente disgaggi e demolizioni) sia sulle strade (reti radenti, barriere paramassi in pannelli metallici) sia infine sulla ferrovia dove sono state installate recentemente due linee di barriere paramassi deformabili. Sulla SP 97 è stato realizzato in passato un muro rinforzato da tiranti onde stabilizzare una frana per scivolamento.*

*Si intende che il controllo del rischio nell'abitato richiede una manutenzione continua degli interventi finora realizzati ed un'integrazione degli stessi ove necessario, a cui si riferiscono le schede interventi riportate nella variante al PAI. Sulle strade è opportuno procedere alla posa di barriere paramassi a protezione dei tratti più esposti, privilegiando tuttavia quelle deformabili in rete metalliche, rispetto a quelle a pannelli che sopportano solo l'impatto di blocchi di modesta dimensione ed energia.*

Per gli interventi di mitigazione proposti il PAI stima dei costi di € 2.650.000,00.

**IFFI** : si tratta del progetto nazionale relativo all'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia promosso, nel gennaio 1997, dal Comitato dei Ministri per la difesa del suolo. La Regione Sardegna, che ha aderito al progetto, ha acquisito e informatizzato i dati derivanti dal censimento dei fenomeni franosi individuati sul territorio regionale, costituendo un quadro generale del dissesto idrogeologico per frana sul territorio.

Le aree a pericolosità da frana censite dall'inventario IFFI nel territorio comunale sono numerose, ma quelle vicine al centro abitato, e quindi all'area di studio, interessano due versanti ad ovest del centro abitato, classificate come "area soggetta a crolli/ribaltamenti diffusi" (ID frana - 0900021100 e 0900021200), entrambe ricomprese all'interno delle aree a pericolosità di frana individuate dal PAI vigente.

Nessuna di queste interessa il versante oggetto di studio.

**AVI:** nel Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI) (archivi Progetti AVI, GIANO, CNR ...) non sono presenti schede evento AVI relative a fenomeni franosi censiti nel territorio comunale di Ossi.

## 1.2 OBIETTIVO DELLO STUDIO

Un settore del versante orientale della collina, il cui spartiacque segna il confine tra il territorio comunale di Ossi e quello di Tissi, in località Segapane, in parte compreso all'interno di un'area a pericolo di frana elevato è di proprietà del Sig. Serra Salvatore, che ha contattato i sottoscritti professionisti per una verifica sulla reale estensione nel versante dell'area di pericolosità da frana. A seguito di una preliminare analisi, nella quale si è proceduto al rilievo dettagliato del versante ed alla ricostruzione dettagliata dei profili topografici, è stata ravvisata la possibilità di una ridefinizione del limite dell'area di pericolosità.

Il Sig. Serra ha quindi incaricato i sottoscritti professionisti per la predisposizione degli studi necessari a pervenire alla richiesta di variante e aggiornamento del PAI ai sensi dell'art. 37, comma 3, lettera b delle NTA, il quale prevede, tra i motivi per presentare un'istanza di variante al PAI, la redazione di "studi a scala di maggior dettaglio...".

## 2. METODOLOGIA DI ZONAZIONE ADOTTATA

La metodologia adottata per l'elaborazione del presente Studio fa riferimento a quella adottata nella Relazione Tecnica relativa allo "*Studio di variante e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub-bacino n° 3 Coghinas-Mannu-Temo. Progetto di variante e di revisione del piano per l'assetto idrogeologico della RAS, di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione*" (di seguito Variante sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo) il quale riprende quella definita nella redazione della prima versione del PAI (*Linee guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia*" redatte nell'anno 2000).

Queste, nell'obiettivo di individuare e perimetrare le aree a rischio idrogeologico, fanno riferimento al DPCM del 29/09/1998, associando alla classificazione qualitativa in esso definita degli opportuni valori numerici. Il *rischio R* dipendente da fenomeni naturali viene definito come il prodotto fra la pericolosità *H*, la presenza sul territorio di elementi a rischio *E* e la loro vulnerabilità *V*, secondo la formula:

$$R = H E V$$

Nel rischio geologico *Rg* in particolare la pericolosità è espressa dal parametro *Hg* che rappresenta i fenomeni di dissesto e viene quantificato in 4 livelli, da *Rg1-moderato* a *Rg4-molto elevato*, come specificato nella Tab. 4 delle Linee Guida del PAI.

Il parametro *Hg* (*Hg – pericolosità geologica*) si esplica nella Carta delle Aree a Pericolo di Frana che rappresenta la propensione al dissesto franoso di un territorio; anche qui viene fornita una quantificazione secondo 4 livelli, a ciascuno dei quali si attribuisce una intensità da *moderata* a *molto elevata*, secondo lo schema della Tab. 5 delle Linee Guida del PAI; nella Variante sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo viene introdotta la classe *Hg0* con intensità *nulla*, descrittiva delle *Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi*, per altro già presente nella "Relazione generale del PAI" del 2004.

In altrettante 4 classi vengono raggruppati gli *elementi a rischio E* costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi, classificate secondo quanto previsto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" (Tabella 6 Relazione Tecnica Variante sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo).

La vulnerabilità, intesa come capacità a resistere alla sollecitazione indotta dall'evento (grado di perdita degli Elementi a rischio in caso del manifestarsi del fenomeno di dissesto), viene assunta sempre pari all'unità (= 1) (DPCM 29/09/98), in quanto si ritiene a rischio la vita umana.

L'applicazione della metodologia delle Linee Guida PAI per arrivare alla Carta delle Aree a Pericolo di Frana prevede la redazione di una cartografia intermedia costituita dalle seguenti carte alla scala 1:10.000 secondo lo schema sotto rappresentato.

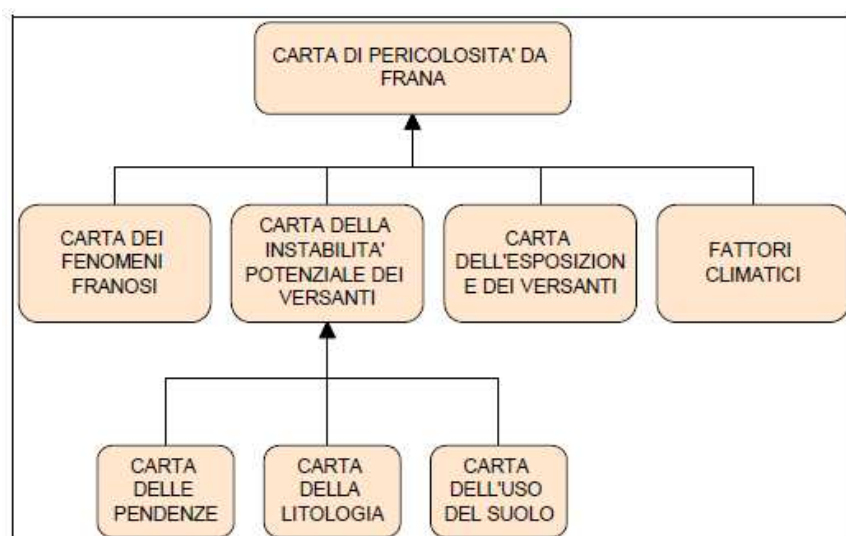


Figura 1: Schema metodologico per la redazione della pericolosità geologica.

Per quanto riguarda i due tematismi "Esposizione dei versanti" e Fattori climatici", la Relazione tecnica della Variante sub-bacino n. 3 Coghinas-Mannu-Temo evidenzia che *pur trattandosi di fattori che possono influire sull'evoluzione dei dissesti di natura gravitativa, non sono disponibili relazioni sufficientemente fondate per poter utilizzare questa tipologia di informazioni al fine della definizione della pericolosità da frana.*

In sostanza il tematismo della pericolosità deriva dalla sintesi della Carta dell'Instabilità potenziale dei versanti e della Carta dei fenomeni franosi, cioè della Carta Geomorfologica incentrata però prevalentemente sui fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e più in generale sugli elementi geomorfologici predisponenti alla franosità.

La *Carta dell'Instabilità Potenziale dei versanti*, si propone di individuare le aree predisposte al dissesto attraverso una procedura di intersezione di diversi tematismi descrittivi delle caratteristiche dei versanti (pendenze, litologia, uso del suolo).

Il metodo proposto dalle Linee Guida del PAI è quello utilizzato anche nella Variante del Sub-bacino n. 3; nella relazione tecnica dello studio viene evidenziato che nella *"prima versione del PAI ....non erano chiariti i criteri specifici e locali di delimitazione delle aree a differente pericolosità. Ne deriva che sono stati esaminati non pochi casi in cui, a fronte di territori apparentemente senza problemi in termini di potenziale sviluppo di dissesti sulla base dell'analisi geomorfologica, dei riscontri documentali e dei sopralluoghi in sito, si avevano classificazioni corrispondenti a pericolosità elevata o anche molto elevata ... e casi inversi, in cui a fronte di riscontri oggettivi di potenziale sviluppo di dissesti si hanno, nella prima versione del PAI, classi di pericolosità non adeguate"*; i relatori, evidenziando che la modifica della metodologia vigente non era oggetto dell'incarico, specificano quindi che *"le indicazioni derivanti dalla carta dell'instabilità potenziale sono state verificate ed incrociate con l'analisi geomorfologica esplicitata nell'omonima carta tematica. Quindi l'attribuzione alle classi Hq2, Hq3 e Hq4 è legata comunque alla presenza di riscontri, sia pure indiretti, di carattere geomorfologico, tutto ciò al fine di correggere quelle sopravvalutazioni dell'instabilità potenziale insite nella metodologia della prima versione del PAI".*

Condividendo tale analisi si ritiene che l'approccio corretto per l'individuazione le aree caratterizzate da propensione al dissesto si debba basare sull'analisi della *Carta Geomorfologica*, nella quale vengono cartografati i vari elementi morfogenetici e quindi sia quelli descrittivi delle frane in atto (fenomeni franosi), che quelli predisponenti ai dissesti.

Un raffronto tra la Carta geomorfologica e quella dell'Instabilità potenziale dei versanti può comunque essere funzionale alla delimitazione delle aree pericolose e alla loro

classificazione oppure ad evidenziare le differenze tra aree con analoghi dati morfogenetici ma differenti acclività e quindi con propensione o meno al dissesto.

Successivamente alla individuazione e perimetrazione delle aree "pericolose" si procede alla valutazione dei livelli di Rischio, in relazione alla presenza di persone e di beni (E): incrociando la pericolosità (Hg) con le classi di elementi a rischio (E), tramite l'utilizzo della matrice definita nelle Linee Guida PAI, viene stata attribuita la classe di rischio alle varie aree "pericolose" (Tabella 18 delle LGPAI).

L'elaborato grafico finale è rappresentato dalla Carta delle Aree a Rischio di Frana.

Tabella 18 delle LGPAI: Matrice di valutazione del rischio di frana

	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

Si tratta, anche in questo caso, di una procedura di intersezione di diversi elaborati cartografici (Carta delle Aree a Pericolo di Frana e Carta degli Elementi a Rischio) che conducono alla mappatura della Carta delle Aree a Rischio di Frana, elaborato di sintesi finale che descrive quali elementi sono vulnerabili rispetto alle aree in cui ricorrono i fenomeni di dissesto franoso e con quale livello di danno.

### 3. DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO\_Tav. 1

L'area di studio è rappresentata da un settore del versante orientale della collina il cui spartiacque segna il confine tra il territorio comunale di Ossi e quello di Tissi, in località Segapane.

La collina ha una forma tabulare sub-pianeggiante con una debole inclinazione verso SW, coincidente con la giacitura delle bancate calcaree che formano la sommità; il versante orientale degrada verso SE con pendenza media del 34% e profilo terrazzato fino all'ampio fondovalle.

L'unità fisiografica sulla quale è stato effettuato lo studio è stata definita individuando i limiti del bacino idrografico della parte di versante nel quale si intende sviluppare lo studio, identificando lo spartiacque principale alla sommità del versante, con l'aggiunta di un buffer di circa 20 m a monte, e quelli secondari lungo il versante fino al fondovalle a definire un'area di circa 4 ettari, delimitata da una linea tratteggiata di colore blu in tutti gli elaborati cartografici allegati allo studio e nelle cartografie delle Figure 2 e 3.

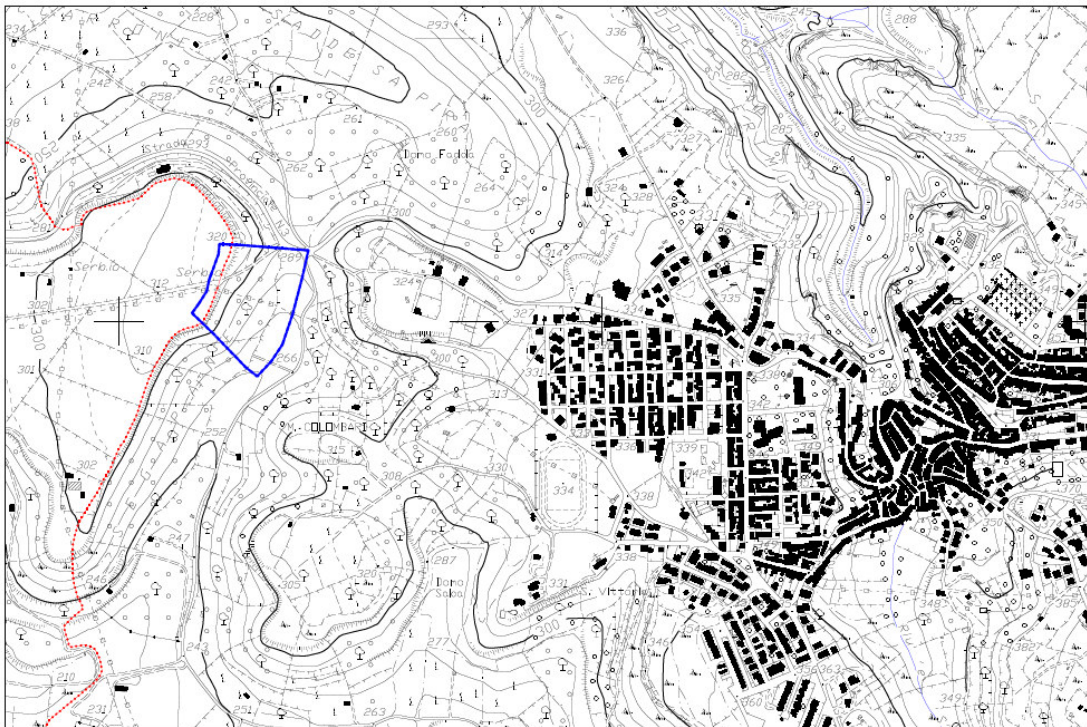


Figura 2: Inquadramento dell'area di studio nella C.T.R (Sez. 459110).

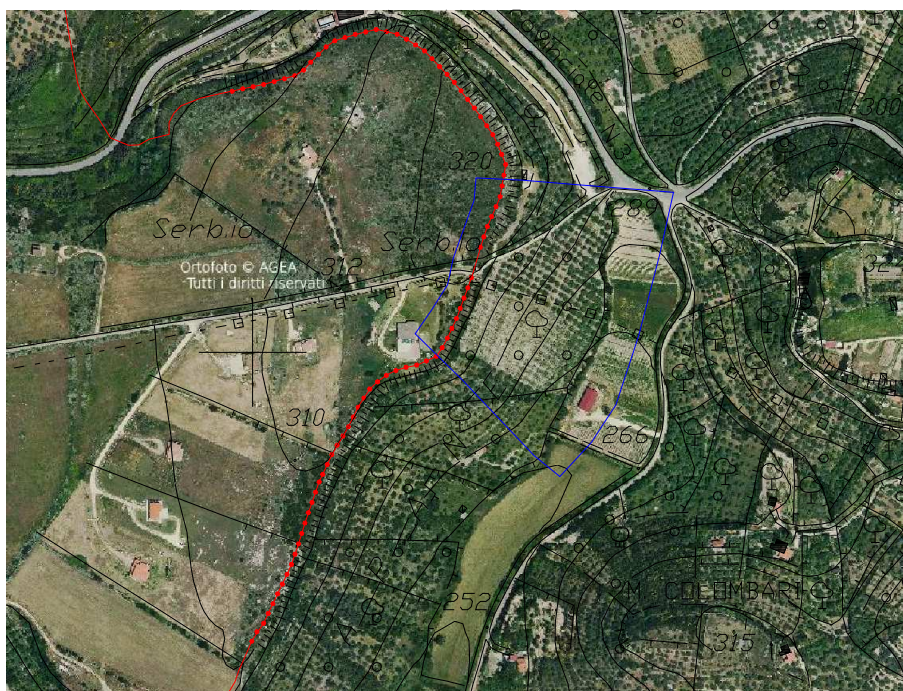


Figura 3: Aerofotogrammetria con indicata l'area di studio.

I riferimenti cartografici e geologici utilizzati sono i seguenti:

- Foglio n°459, sezione II della Carta Topografica d'Italia IGM del 1995, alla scala 1:25.000.
- Sezioni 459110 della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale, in scala 1:10.000.

- Carta Geologica della Sardegna in scala 1:250.000, a cura del Servizio Geologico Nazionale e delle Università degli Studi di Sassari, Cagliari e Siena.
- Carta Geologica di base della Regione Sardegna.
- Piano stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) RAS (2005) e Variante sub-bacino 3 (Coghinas-Mannu-Temo) (2015).

#### **4. CARTA LITOLOGICA E GEOMORFOLOGICA\_Tav.2**

##### **4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

Il territorio urbano di Ossi è ubicato nel settore settentrionale della "fossa sarda", la depressione che si estende dal golfo dell'Asinara fino a quello di Cagliari delimitata a Ovest e ad Est dagli alti strutturali del basamento metamorfico paleozoico. Questa struttura regionale è associata alla fase tettonica distensiva oligo-miocenica, alla cui apertura sono legati due importanti fenomeni della geologia sarda: un'intensa attività vulcanica che ha messo in posto notevoli spessori di prodotti lavici e piroclastici, e varie ingressioni marine che hanno portato alla formazione di potenti coltri sedimentarie e vulcano sedimentarie. I sedimenti correlati alla fase deposizionale comprendono due cicli sedimentari principali. Il primo ciclo ha un'età che va dal Burdigaliano superiore al Langhiano e comprende sabbie alla base, seguite da calcari litorali e da marne di ambiente marino più profondo; tale sequenza poggia con contatto trasgressivo sulle vulcaniti sottostanti ed è interrotta superiormente da una superficie di erosione. Il secondo ciclo sedimentario, che arriva fino al Tortonian-Messiniano, inizia anch'esso con sabbie di ambiente fluvio-marino e prosegue con calcari bioclastici di piattaforma interna.

Nella strutturazione generale dell'area studiata assume carattere predominante la tettonica distensiva tardo-ercinica, che si è manifestata con la formazione di importanti zone di taglio milonitiche, dirette o trascorrenti, con direzioni principali circa N 60° E, E-W e N-S. Queste importanti zone di taglio profondo individuano aree di debolezza crustale riattivate durante le varie fasi tettoniche che si sono succedute nel Nord Sardegna e rappresentano importanti direttrici lungo le quali la dinamica esogena ha modellato i principali lineamenti morfologici.

Nell'ambito di tale quadro geodinamico si inseriscono le formazioni geologiche presenti nel settore di studio, caratterizzato unicamente dai depositi sedimentari del Miocene (Fig. 2 e 3) rappresentati da due sequenze deposizionali: la prima costituita da depositi continentali fluviali e di piana alluvionale, deltizi e marini di piattaforma; la seconda costituita da depositi fluvio-marini e carbonatici di piattaforma. La struttura



## 4.2 LITOLOGIA

Nella Carta litologica e geomorfologica\_Tav.2 è riportata l'estensione areale delle varie formazioni litologiche presenti nel settore studiato, delle quali di seguito si riporta una descrizione.

### **Successione sedimentaria Miocenica.**

FORMAZIONE DI BORUTTA (CA1 007). Marne, marne arenacee bioturbate, siltiti e calcari marnosi in alternanze ritmiche (Burdigaliano sup.-Langhiano).

FORMAZIONE DI MONTE SANTO ( CA1 003). Calcari bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni di sabbie quarzoso-feldspatiche. Calcareniti (Tortoniano-Messiniano inf.)

### **Depositi quaternari dell'area continentale**

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (AA1\_001). Sedimenti legati alla gravità. Detriti immersi in matrice fine, talvolta con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica (Olocene).

La potente Formazione di Borutta (> 100 metri) forma i versanti fino al fondovalle ed è costituita da una fitta alternanza di marne, marne arenacee e siltiti di colore da grigio-bruno a bianco-giallastro, con livelli più francamente carbonatici (Foto 1) con giacitura suborizzontale o leggermente inclinata verso N di 5-7°. L'abbondante contenuto fossilifero ad echinidi, bivalvi, gasteropodi, foraminiferi e ostracodi permette di riferirla ad un ambiente di piattaforma esterna. La giacitura è in genere monoclinale, con deboli inclinazioni.

Superiormente si passa alla formazione Monte Santo rappresentata da calcari bioclastici in bancate massive, con giacitura suborizzontale e giunti di stratificazione poco marcati, con diaclasi subverticali di modesta frequenza e densità (Foto 2). Il passaggio tra le due formazioni non sempre è ben definito e talora in eteropia; la formazione di Monte Santo si differenzia solo per una meno marcata stratificazione rispetto alla Formazione di Borutta.



Foto 1: Alternanze marnoso calcaree nella Formazione di Borutta (Ossi)



Foto 2: Calcari della Formazione di Monte Santo; Via Muros (Ossi)

Le coperture sono rappresentate da esigui spessori di suoli superficiali che derivano dall'alterazione in sito delle litologie del substrato litoide, spesso subaffiorante, passando gradualmente ai livelli di alterazione superficiale delle sottostanti rocce di derivazione, e dai sedimenti che occupano le aree a debole acclività degli ampi fondovalle costituiti dai depositi eluviali e colluviali, i primi residuali, derivanti dalla degradazione fisica in posto del substrato litoide, i secondi, accumulati nel fondovalle per l'azione combinata della gravità e del ruscellamento.

Ai fini dell'elaborazione della Carta dell'instabilità potenziale dei versanti viene di seguito riportato lo schema di attribuzione dei pesi relativi alle varie litologie (Tab 1) per i quali sono stati utilizzati i valori proposti dalla Tabella 12 delle Linee Guida, adattati alla scala del rilevamento geologico effettuato e aggiornati come nella Tabella 1 della Relazione tecnica della Variante del Sub-bacino n. 3.

**Tabella 1** – Quadro riepilogativo dei pesi attribuiti alle classi litologiche.

<i>Litotipo</i>	<i>Peso</i>
Depositi eluviali e colluviali	2
Calcarei della Formazione di Monte Santo	6
Marne e siltiti della Formazione di Borutta	4

#### **4.1 GEOMORFOLOGIA**

Considerando la modesta estensione dell'area di studio i dati morfogenetici responsabili del modellamento e dell'evoluzione del rilievo sono stati raggruppati con quelli litologici in un'unica carta, la Tav.2 - Carta litologica e geomorfologica.

Il centro abitato di Ossi si sviluppa in una zona collinare, con quote comprese tra m. 420 s.l.m., nelle colline, e m. 250 dei fondovalle. La struttura geologica, di tipo monoclinale, e le lineazioni strutturali indirizzano la morfologia.

Le lineazioni strutturali condizionano in maniera evidente lo sviluppo di alcuni elementi morfologici come il reticolo fluviale e i relativi versanti, che riprendono tali strutture sia nelle direzioni che nell'andamento rettilineo, come nella vallata oggetto dello studio, che segue un andamento rettilineo orientato SW-NE.

Alla strutturazione geologica sono da ricondurre le superfici strutturali, coincidenti con le superfici delle bancate e le scarpate rocciose: le alture appaiono come superfici tabulari sub-pianeggianti o debolmente inclinate, modellate sulle resistenti bancate calcaree della Formazione di Monte Santo, le cui testate generano, quasi senza soluzione di continuità, ripide scarpate rocciose; nelle sottostanti litologie marnoso-siltitiche il processo erosivo avviene in maniera omogenea su tutto il versante,

generando forme più dolci, prive di rotture di pendio; la presenza di piccole bancate più schiettamente calcaree intercalate, porta localmente alla formazione di versanti a gradini.

A tale strutturazione stratigrafica è da rapportare l'origine della scarpata rocciosa presente alla sommità del versante studiato, cioè ai fenomeni di erosione selettiva, legati alla natura delle diverse litologie, e alla differenza di competenza tra la formazione rocciosa calcarea compatta e difficilmente erodibile e le litologie marnoso-siltitiche sottostanti, costituite da rocce più tenere e poco cementate, oppure più alterate. L'ammasso roccioso è attraversato da sistemi di fratture a sviluppo verticale, sia paralleli alla parete rocciosa che perpendicolari a queste, che nella parte più esterna della parete appaiono aperte o molto aperte e che, incrociandosi con le discontinuità orizzontali, possono isolare blocchi o porzioni di parete rocciosa rendendoli instabili.

Le scarpate rocciose rappresentano quindi delle potenziali aree di distacco di blocchi e i dissesti in atto e potenziali sono rappresentati dai fenomeni di crollo che avvengono secondo un meccanismo di scivolamento e/o ribaltamento per scalzamento della base e si innescano per vari fattori legati prevalentemente ad eventi meteorologici rilevanti o prolungati.

Questi potenziali dissesti caratterizzano anche il versante oggetto di studio, che è classificato tra le aree a pericolo di frana elevato Hg3 dal PAI vigente.

Nel settore di versante oggetto dello studio la scarpata sommitale presenta potenze comprese tra 2 e 3,5 m e, alla sua base, sono presenti due strade poderali di accesso ai terreni privati che partono da una strada comunale che risale il versante: una prosegue verso nord (Foto 3) e l'altra, verso sud (Foto 4, 5 e 6), è l'accesso ad un uliveto impiantato lungo dei terrazzamenti, realizzati con murature a secco (Foto 7 e 8).

La potenza modesta della scarpata rocciosa in questo tratto di versante e la presenza delle strade poderali alla sua base e dei terrazzamenti sono gli elementi che hanno indirizzato gli scriventi verso la scelta di approfondire l'analisi del versante, anche con simulazioni di rotolamento, e valutare l'esattezza dell'estensione verso valle dell'area di pericolosità da frana definita dal PAI vigente.



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8

## 4.2 ANALISI CADUTA MASSI

### Metodologia

Il moto di caduta di un blocco lungo una scarpata rocciosa dipende da numerosi parametri, di tipo geometrico e geomeccanico, che non è facile esprimere numericamente.

Le traiettorie dei blocchi dipendono dalla geometria della scarpata, dalla forma del blocco in caduta e dalla sua velocità iniziale al momento del distacco dal pendio, ed inoltre dall'entità dell'energia dissipata per effetto degli urti durante la caduta. I blocchi in caduta possono, infatti, scivolare, rotolare o rimbalzare a valle a seconda della loro forma, appiattita o arrotondata, e della inclinazione del pendio.

L'energia dissipata per effetto degli urti è in genere diversa al variare delle caratteristiche del moto e dipende dalle caratteristiche meccaniche del blocco e dai materiali presenti lungo la scarpata (*roccia, terreno, vegetazione*) che si oppongono in misura differente al moto dei blocchi.

Nella realtà, tuttavia, è quasi impossibile determinare puntualmente il profilo di un pendio ed individuare la forma dei diversi blocchi che potrebbero distaccarsi. Inoltre diviene praticamente impossibile modellare il moto di caduta dei blocchi nei casi in cui questi si frantumino per effetto degli urti, né è possibile individuare le zone del pendio in cui si verifica la frantumazione. Per l'analisi delle traiettorie di caduta è necessario fare riferimento quindi a modelli molto semplificati.

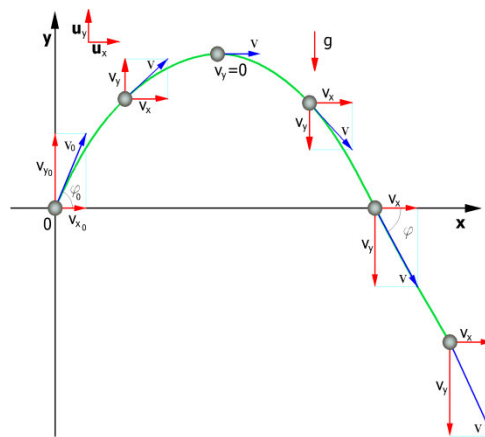
I metodi che utilizzano le simulazioni in 2d, cioè lungo un profilo topografico, sono il Lumped Mass e il modello detto CRSP.

### Metodo di calcolo Lumped Mass

Le ipotesi del modello *Lumped mass* sono:

- 1) schema piano, profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costituita da segmenti rettilinei;
- 2) blocco puntiforme e resistenza dell'aria trascurabile.

In tal caso la traiettoria del blocco può essere determinata utilizzando le equazioni del moto di un grave;



Rappresentazione della traiettoria

con riferimento ad un sistema di assi cartesiani ortogonali tali equazioni sono:

$$x = v_x \cdot t + x_0$$

$$y = y_0 + v_y \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (1)$$

dove:

- $v_x$  = componente orizzontale della velocità del blocco;
- $v_y$  = componente verticale della velocità del blocco;
- $t$  = tempo;
- $g$  = accelerazione di gravità
- $x_0$  = ascissa del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;
- $y_0$  = ordinata del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;

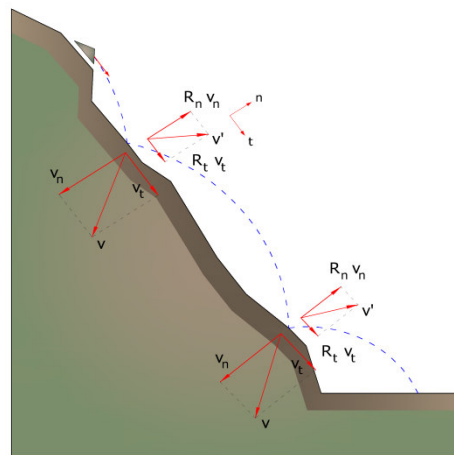
Lungo l'asse x il moto è uniforme, lungo l'asse y il moto è uniformemente accelerato.

In tal modo la traiettoria del moto risulta composta da una serie di parabole tracciate fra il punto in cui avviene il distacco ed il punto in cui il blocco urta sul pendio per la prima volta, nella fase iniziale del moto, e fra due successivi punti di impatto sul pendio, o al piede, in seguito, fino al punto finale di arresto.

Le coordinate dei punti d'impatto e le componenti della velocità si determinano risolvendo il sistema fra l'equazione (1) e l'equazione delle rette che rappresentano il profilo del pendio.

In pratica si procede dal punto in cui avviene il distacco del blocco e si risolve tale sistema di equazioni considerando di volta in volta le diverse equazioni delle rette che contengono i successivi segmenti della spezzata fino a trovare le coordinate di un punto, punto di impatto che appartiene alla parabola che rappresenta la traiettoria e ricade all'interno di uno dei segmenti della spezzata ed è pertanto anche un punto del pendio.

Tale punto rappresenta il primo punto di impatto del blocco sul pendio. Il procedimento viene ripetuto a partire da tale punto per determinare il successivo arco della traiettoria ed un nuovo punto d'impatto.



Rappresentazione dei punti di impatto, delle traiettorie del masso e del vettore delle velocità di arrivo e di partenza ad ogni rimbalzo

La perdita di energia cinetica per effetto degli attriti e degli urti può essere modellata riducendo la velocità del blocco in caduta ogni qualvolta questo urta sul pendio.

In particolare, indicando con  $v_n$  e  $v_t$  le componenti (*normali e tangenziali*) della velocità prima dell'urto, dopo l'urto  $v'_n$ ,  $v'_t$  possono calcolarsi mediante le relazioni:

$$V'_n = V_n \cdot R_n$$

$$V'_t = V_t \cdot R_t$$

in cui  $R_n$  ed  $R_t$  sono detti coefficienti di restituzione variabili nell'intervallo 0-1.

### 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.

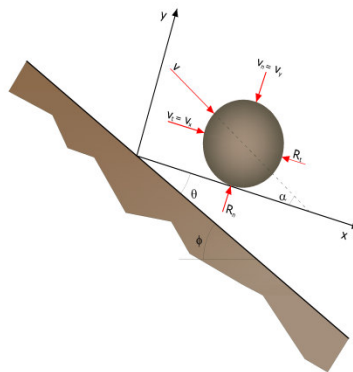
Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo *Lumped mass*, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

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  $\alpha$  con il pendio.



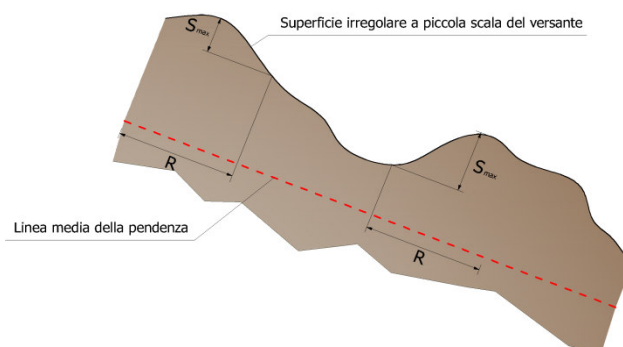
Rappresentazione della fase di impatto:  $\alpha$ ) l'angolo di impatto è definito come funzione della traiettoria del blocco;  $\theta$ ) inclinazione del pendio;  $\varphi$ ) variazione del pendio in funzione della rugosità locale del pendio

Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio  $f$  è fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 e  $\theta_{max}$ . il valore di  $\theta_{max}$  dipende dalla rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco e viene determinato da misure in sito.

Detto  $R$  il raggio del blocco in esame si ha:

$$\tan\theta_{max} = \frac{S_{max}}{R}$$

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.



Influenza della rugosità del pendio sul percorso del masso : rapporto tra l'altezza delle asperità ed il raggio del blocco

La velocità che si ottiene a seguito dell'impatto, viene determinata attraverso l'equazione di conservazione dell'energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2}J\bar{\omega}_1^2 + \frac{1}{2}M_{t1}^2\right) \cdot f(F) \cdot SF = \frac{1}{2}J\bar{\omega}_2^2 + \frac{1}{2}M_{t2}^2 \quad (1)$$

dove:

- $M$  = Massa del blocco;
- $J$  = Momento d'inerzia del blocco;
- $\omega_1$  = Velocità angolare prima dell'impatto;
- $\omega_2$  = 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:

$$f(F) = SF + \frac{(1 - R_t)}{\left[ \left( \frac{V_{t1} - \bar{\omega}_1 \cdot R}{20} \right)^2 + 1.2 \right]}$$

Mentre la funzione di scala  $SF$ :

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

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:

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

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:

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

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.

Nella Tav 2 - Carta litologica e geomorfologica è riportata la traccia della sezione scelta per effettuare l'analisi secondo le linee della massima pendenza partendo dalla scarpata rocciosa considerata come zona di distacco dei massi.

I valori dei coefficienti di restituzione e di attrito utilizzati sono stati ricavati sulla base di quanto riportato in letteratura e coerentemente con quanto osservato durante i rilievi geologici di campagna. Nella tabella sotto i coefficienti di restituzione normale e tangenziale dei materiali presenti nel versante.

Materiali	$R_n$	$R_t$	Colore
Roccia integra	0,9	0,8	Blu
Detrito fino	0,6	0,6	Arancio

In corrispondenza della sezione è stato ipotizzato un lancio di 5 massi dal punto più alto della scarpata.

#### CARATTERISTICHE DEL BLOCCO

Forma del blocco Sferico	
Densità	2400,0 Kg/m <sup>3</sup>
Elasticità	100000,0 kPa
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	1,5 m
=====	
VELOCITÀ DI PROGETTO DEI BLOCCHI	
Coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie	1
Coefficiente qualità discretizzazione topografia pendio	1
Coefficiente di sicurezza velocità	1
MASSA DEL BLOCCO DI PROGETTO	
Coefficiente valutazione massa	1
Coefficiente precisione rilievo	1
Coefficiente precisione rilievo	1
ENERGIA SOLLECITANTE DI PROGETTO	
Coefficiente amplificativo energia	1
BARRIERE	
Coefficiente di sicurezza da applicare ai valori energetici MEL o SEL...1	
Massa	4241,15 Kg
Peso	4241,15 Kgf
Momento d'inerzia	954,259 Kgx <sup>2</sup>
=====	

Nella simulazione di rotolamento effettuata con il metodo Lumped Mass, indicata nella Fig. 9, si osserva che tutti i 5 massi si fermano nella stradina sottostante la scarpata rocciosa. Il medesimo risultato si ottiene applicando il metodo CRSP (Fig. 10).

#### ELABORAZIONI STATISTICHE con il metodo Lumped Mass (Fig. 9)

Velocità massima	11,492 m/s
Velocità minima	1,687 m/s
Velocità media	4,829 m/s
Scarto quadratico medio	3,847 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>280,06 KJ</b>
Energia media pre-impatto	79,265 KJ
Scarto quadratico energia	109,314 KJ
Ascissa media di arresto	22,861 m
Ascissa massima raggiunta	22,973 m
=====	

% Massi fermati

X (m)	% Massi fermati
50,86	100

83,86	100
116,86	100

=====

**ELABORAZIONI STATISTICHE con il metodo CRSP**

=====

Velocità massima	11,492 m/s
Velocità minima	2,415 m/s
Velocità media	3,474 m/s
Scarto quadratico medio	2,581 m/s
<b>Energia massima pre-impatto</b>	<b>287,694 KJ</b>
Energia media pre-impatto	45,299 KJ
Scarto quadratico energia	75,787 KJ
Ascissa media di arresto	21,745 m
Ascissa massima raggiunta	21,941 m

=====

% Massi fermati

=====

X (m)	% Massi fermati
50,86	100
83,86	100
116,86	100

=====

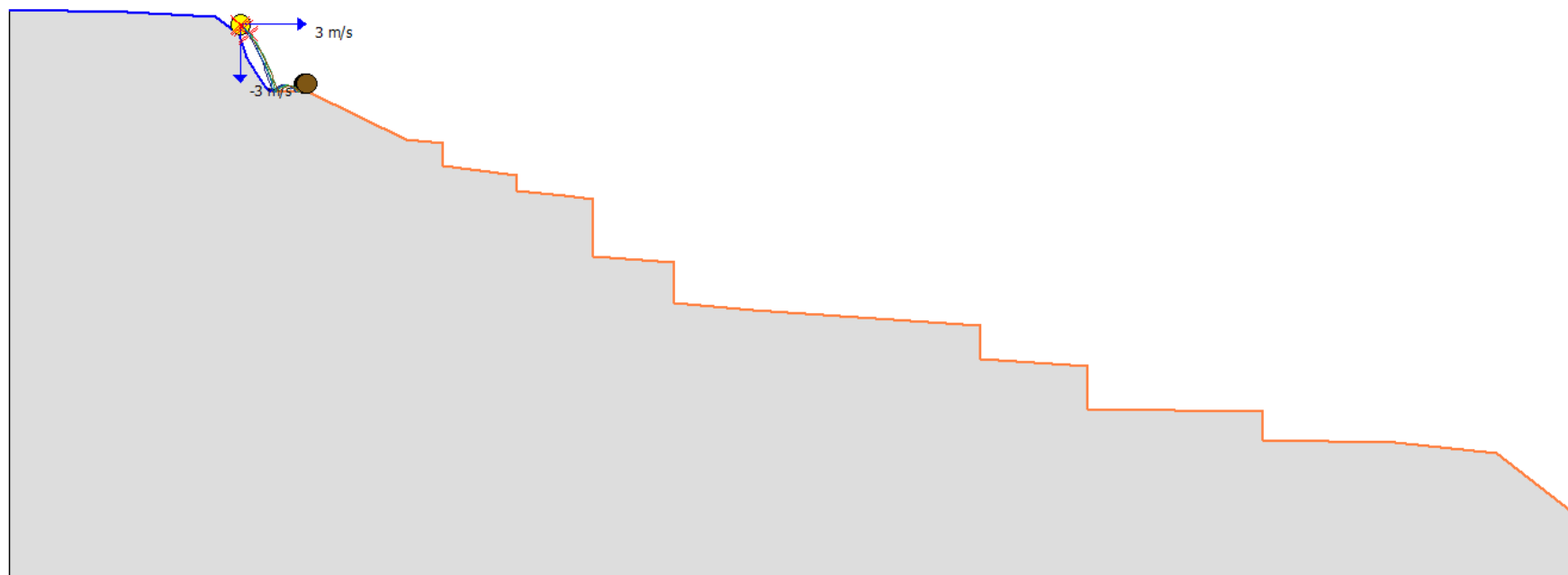


Figura 6: Simulazione di rotolamento con il metodo Lumped Mass.

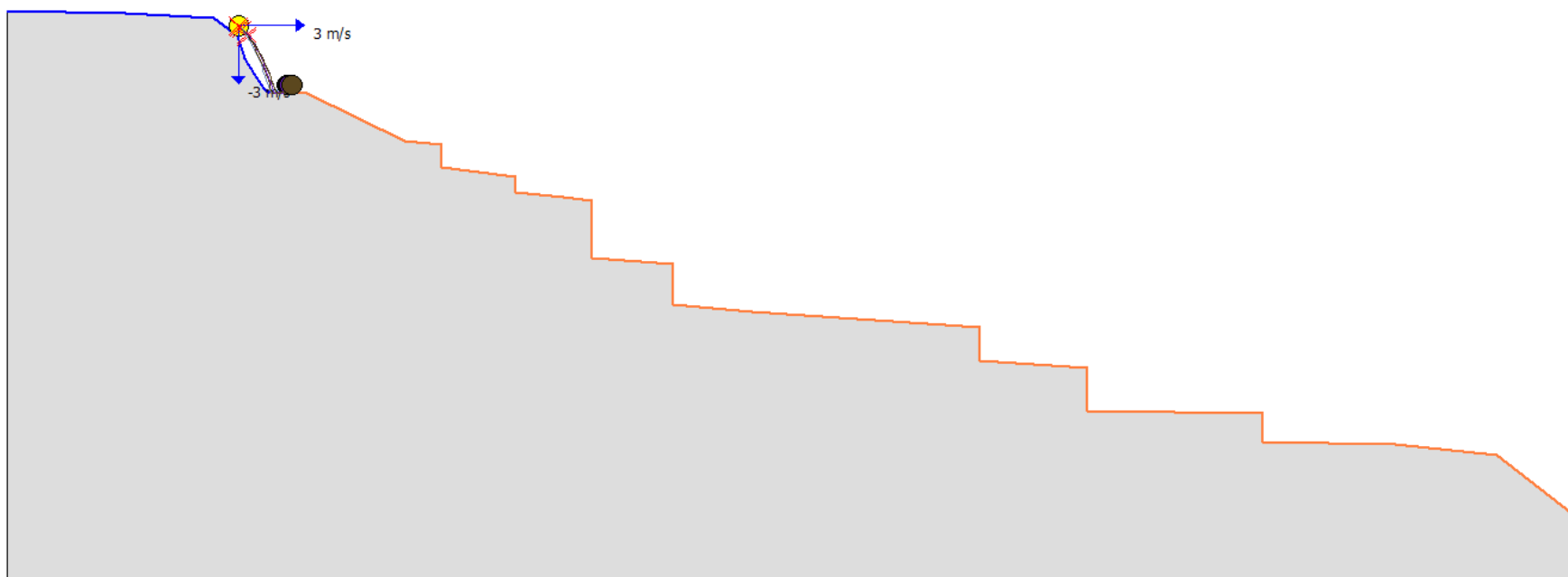


Figura 7: Simulazione di rotolamento con il metodo Lumped Mass.

## 5. CARTA DELLE PENDENZE\_Tav.3

Un fattore fondamentale nella propensione alla franosità dei versanti è rappresentato dall'acclività, in quanto maggiore è l'inclinazione del pendio, maggiore è la tendenza al dissesto per azione della forza di gravità e dell'azione degli agenti esogeni, soprattutto delle acque di scorrimento superficiale; inoltre maggiore è la pendenza più difficile è l'insediamento della copertura vegetale che svolge invece un ruolo fondamentale nella protezione dei versanti. Per determinare la variazione areale dell'acclività dei versanti, è stata elaborata la Carta delle pendenze, Tavola 3.

Le classi di pendenza sono espresse in percentuale (%) e derivano da una tematizzazione del modello digitale del terreno ricavate in ambiente GIS dal DTM RAS passo 1m pubblicato nel Geoportale regionale.

Sono state utilizzate le cinque classi di acclività indicate nelle Linee Guida PAI, con intervalli di pendenza variabili da 0-10% per la classe 1, fino a pendenze superiori al 50% per la classe 5. Alle 5 classi di pendenza sono stati attribuiti dei "pesi" compresi tra -2 e +2, come specificato nella Tabella 2.

Classi di pendenza		Peso
1	0 - 10 %	+2
2	11 - 20 %	+1
3	21 - 35 %	0
4	36 - 50 %	-1
5	> 50 %	-2

**Tabella 2** – Quadro riepilogativo dei pesi attribuiti alle classi di pendenza.

La Carta dell'acclività evidenzia che il versante oggetto dello studio, come quelli circostanti, è strutturato con terrazzamenti e che, sebbene la pendenza media, sia intorno al 30%, la classe 2 (11-20%) è quella più estesa, mentre le classi 3 e 4 si concentrano in corrispondenza dei muri a secco.

I terrazzamenti sono evidenziati anche nella Sezione topografica, derivante da rilievo di dettaglio, utilizzata per l'analisi di caduta massi.

## 6. CARTA DELL'USO DEL SUOLO\_ Tav.4

La CARTA DELL'USO DEL SUOLO ha come obiettivo quello di fornire una rappresentazione dell'utilizzo reale del suolo alla data del rilevamento; per le classi di uso del suolo si è fatto riferimento alla nomenclatura utilizzata nella legenda del Progetto CORINE - Land Cover, raccomandata dalla Comunità Europea e composta da 44 classi di copertura, raggruppate

in una gerarchia a 3 livelli. Alla stessa legenda del Progetto CORINE - Land Cover, si fa riferimento anche per i valori di impedenza delle diverse classi di uso del suolo.

Le classi di 1° livello di uso del suolo sono tre:

- Aree artificiali.
- Aree agricole
- Aree boscate e ambienti semi-naturali;

Dall'esame della carta si evince che tutta la vallata è ricompresa tra le aree agricole, passando dai prati artificiali dell'altopiano ai seminativi del fondovalle. I versanti sono invece tutti occupati da oliveti caratterizzati, per arcaiche modalità di raccolta, in terrazzamenti più fitti quanto maggiore è la pendenza.

Sulla base dei valori di impedenza si attribuisce un "peso" ad ogni classe, con valori da -2 a +2, come specificato nella Tabella 2. L'impedenza indica l'impedimento che quell'uso del suolo offre al dissesto franoso; così un'area boscata mostra un'impedenza massima, per la protezione che offre ai suoli e l'azione di consolidamento esercitata dall'apparato radicale, mentre una superficie regolarmente arata non offre alcun impedimento al dissesto idrogeologico.

**Tabella 3** – Quadro riepilogativo dei pesi attribuiti alle classi di uso del suolo.

<i>Classe UDS livello I</i>	<i>Classe UDS livelli II-III-IV</i>	<i>Impedenza</i>	<i>Peso</i>
2. Aree agricole	2.1.1.1 Seminativi in aree non irrigue	Nulla	-2
	2.1.1.2 Prati artificiali	Nulla	-2
	2.2.3 Oliveti	Minima	-1
	2.4.1.1 Colture temporanee associate all'olivo	Minima	-1
3. Aree boscate e ambienti semi-naturali	3.2.1 Aree a pascolo naturale	Mediocre	0

## **7. CARTA DELL'INSTABILITA' POTENZIALE DEI VERSANTI\_Tav.5**

La CARTA DELL'INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI deriva dal processo di overlay mapping, previa attribuzione di un valore (peso) in funzione del ruolo esercitato nella propensione al dissesto, dei tematismi di base: pendenze, litologia ed uso del suolo.

Come visto nei paragrafi precedenti gli elementi dei singoli tematismi sono stati raggruppati in classi a ciascuna delle quali è stato attribuito un peso. Nella successiva operazione di overlay mapping si effettua una vera e propria somma algebrica dei pesi assegnati, sino ad ottenere un peso finale che rappresenta l'influenza complessiva che i fattori considerati hanno sulla stabilità dei versanti (Tabella 14 delle LGPAI).

Tabella 14 delle LGPAI: Pesi delle diverse classi di instabilità potenziale

<i>Classe di instabilità</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Peso</i>
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

Nella Carta dell'Instabilità potenziale - Tav. 5 del versante studiato si osservano estese aree classificate ad instabilità potenziale media (classe 3), coincidenti con le aree dove affiorano le litologie massive, quindi i calcari, o dove le pendenze sono inferiori al 20%. Classifica come aree ad instabilità potenziale forte (classe 4) il fondovalle, dove affiorano depositi sciolti, ed i salti di pendenza dei terrazzamenti nei versanti, paralleli alle curve di livello.

In relazione alla carta dell'instabilità potenziale dei versanti vale quanto specificato nella relazione tecnica della Variante del Sub-bacino n. 3, e già specificato nel paragrafo 2: *le indicazioni derivanti dalla carta dell'instabilità potenziale devono essere verificate ed incrociate con l'analisi geomorfologica esplicitata nell'omonima carta tematica. Quindi l'attribuzione alle classi Hq2, Hq3 e Hq4 è legata comunque alla presenza di riscontri, sia pure indiretti, di carattere geomorfologico, tutto ciò al fine di correggere quelle sopravvalutazioni dell'instabilità potenziale insite nella metodologia della prima versione del PAI*". Inoltre *al di sotto di una determinata acclività (sotto il 20% di pendenza) in assenza di elementi geomorfologici quali la presenza di cavità, di scarpate di modesta altezza ecc. o di infiltrazioni di acqua e di condizioni pluviometriche intense, si può infatti affermare che non vi siano le condizioni fisiche per lo sviluppo di dissesti di natura gravitativa, indipendentemente dal tipo di substrato ed uso del suolo.*

## **8. CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA\_PROPOSTA\_Tav.7**

Come già detto nel paragrafo 3 lo schema metodologico adottato dalle Linee Guida del PAI prevede che il tematismo della pericolosità derivi dalla sintesi della Carta dell'Instabilità potenziale dei versanti e della Carta dei fenomeni franosi, cioè della Carta Geomorfologica incentrata però prevalentemente sui fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e più in generale sugli elementi geomorfologici predisponenti alla franosità.

Sebbene un confronto tra la Carta geomorfologica e quella dell'Instabilità potenziale dei versanti si ritenga funzionale alla delimitazione delle aree pericolose tuttavia, in accordo

con il criterio utilizzato nella Relazione Tecnica della Variante del Sub-bacino n. 3 per cui nell'attribuzione della pericolosità non si può prescindere dal riscontro geomorfologico (vedi paragrafo 7), si ritiene che la base per individuare le aree caratterizzate da propensione al dissesto sia rappresentata in primo luogo dalla *Carta Geomorfologica*, nella quale vengono cartografati sia gli elementi morfogenetici descrittivi delle frane in atto (fenomeni franosi documentati sia da dati geomorfologici che da dati storici del Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (archivi Progetti AVI, GIANO, CNR ...)), che quelli necessari ad individuare le aree potenzialmente franose, quindi tutte le forme strutturali, carsiche, fluviali, artificiali ecc... nelle quali si rilevino condizioni per i dissesti potenziali.

Nella tabella seguente vengono descritti i criteri di attribuzione alle singole classi come proposto nell'ambito della revisione del PAI nel Sub-bacino n. 3.

<b>Classe</b>	<b>Intensità</b>	<b>Valore</b>	<b>Descrizione</b>
Hg0	Nulla	0,00	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente - Classe non prevista nelle <i>Linee Guida del PAI</i> Aree studiate non soggette a potenziali fenomeni franosi
Hg1	Moderata	0,25	Aree con pericolosità moderata aventi classi di instabilità potenziale limitata o assente - classe 2 e classe 1.
Hg2	Media	0,50	Aree con pericolosità media con fenomeni di dilavamento diffusi, frane di crollo e/o scivolamento non attive e/o stabilizzate, falesie lungo le coste (stabili e o vegetate); 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 ovvero corrispondenti alla classe di instabilità potenziale media (classe 3).
Hg3	Elevata	0,75	Aree con pericolosità elevata con frane di crollo e/o scorrimento quiescenti, fenomeni di erosione delle incisioni vallive. Fronti di scavo instabili lungo le strade; aree nelle quali sono state svolte in passato attività minerarie che hanno dato luogo a discariche di inerti, cave a cielo aperto; aree interessate in passato da eventi franosi nelle quali sono stati eseguiti interventi di messa in sicurezza. Classe di instabilità potenziale forte (classe 4), pareti in roccia (fra cui falesie a mare aventi tali caratteristiche), orlo di scarpata o di terrazzo (potenzialmente instabili per pendenza e altezza), frane di crollo quiescenti, frane di scorrimento quiescenti, fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato (calanchi).
Hg4	Molto elevata	1,00	Aree con pericolosità molto elevate con manifesti fenomeni di instabilità attivi o segnalati nel progetto AVI, IFFI o dagli Enti interpellati o rilevate direttamente dal Gruppo di lavoro. Classe d'instabilità potenziale massima (classe 5), frane di crollo attive (compresi falde e coni di detrito attivi e canali in roccia [e non] con scarico di detrito), frane di scorrimento attive, o scivolamenti rapidi in roccia, detrito, fluidificazione di terreni sciolti superficiali, piccole frane (attive), deformazioni gravitative profonde di versante attive, crolli e fenomeni di instabilità lungo l'intaglio stradale. Falesie marine in arenarie, marne, calcari marnosi terziari e/o pleistocenici.

La richiesta di variante e aggiornamento del PAI ai sensi dell'art. 37, comma 3, lettera b, oggetto del presente elaborato, riguarda la variazione del limite dell'area di pericolosità ridefinito a seguito del rilievo dettagliato del versante.

L'area a pericolo di frana è stata delimitata a partire dall'elemento geomorfologico, rappresentato dalla scarpata rocciosa caratterizzata da franosità per crollo, con l'aggiunta di una fascia di rispetto di 15 metri a monte del ciglio.

Per la delimitazione dell'area coinvolta verso valle si è tenuto conto dell'acclività ma, in maniera più puntuale, dell'analisi di rotolamento effettuata in corrispondenza di una sezione rappresentativa del versante derivante dal rilievo topografico dettagliato.

La classe di pericolosità elevata Hg3, attribuita dal PAI vigente al versante, non è stata modificata in quanto il potenziale fenomeno di franoso è da considerare *quiescente*.

## 9. CARTA DEL DANNO POTENZIALE\_Tav.8

La copertura degli elementi a rischio deriva dalla carta del danno potenziale fornita dalla Regione Sardegna mentre la classificazione (E1, E2, E3, E4) riprende quella riportata nella Relazione Tecnica della Variante del Sub-bacino n. 3, che fa riferimento a quanto previsto dal Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" secondo la seguente tabella.

<b>Classe</b>	<b>Valore</b>	<b>Elementi</b>
E4	1,00	Zone residenziali Edifici pubblici, anche al di fuori delle aree residenziali Strutture ospedaliere, sanitarie e scolastiche Zone industriali e commerciali Zone industriali, commerciali ed insediamenti produttivi Reti di comunicazione e trasporto strategiche (strade statali) Reti di comunicazione e trasporto primarie (aree portuali, reti ferroviarie e spazi annessi, aree aeroportuali ed eliporti) Strutture ed impianti a supporto delle reti di comunicazione e trasporto che non ricadono nelle aree residenziali Impianti a rischio Aree di rilievo storico-culturale e archeologico Aree protette (parchi nazionali, regionali ed aree protette)
E3	0,75	Aree ricreative e sportive Cantieri Aree cimiteriali Aree estrattive Discariche Fognature e impianti di depurazione Reti tecnologiche e di servizio, strutture tecnologiche a supporto delle reti Reti di comunicazione e trasporto primarie (strade provinciali,

		reti stradali e spazi accessori)
E2	0,50	Aree verdi urbane Reti di comunicazione e trasporto secondarie (strade comunali) Zone agricole permanenti ed eterogenee Superfici agricole seminatave
E1	0,25	Superfici a vegetazione rada Aree boscate e prati Corpi idrici Zone umide

Dalla Tavola 8 - Carta degli elementi a rischio si evince che il versante oggetto della variante è ricompreso quasi totalmente nella classe E2 con la sola eccezione del tratto in classe E3 in corrispondenza del passaggio dell'acquedotto.

## 10. CARTA DEL RISCHIO DA FRANA\_Tav.9

La Carta delle aree a rischio di frana rappresenta la carta tematica di sintesi nella quale la delimitazione e la quantificazione dei livelli di Rischio, definito come il prodotto fra la pericolosità H, gli elementi a rischio E e la loro vulnerabilità V (sempre uguale a 1), secondo la formula:

$$R = H E V$$

si ricava incrociando le Aree Pericolose (Hg1, Hg2, Hg3, Hg4) con gli Elementi a Rischio (E1, E2, E3, E4), secondo a matrice della Tabella 18 delle Linee Guida PAI.

Tabella 18 delle LGPAI: Matrice di valutazione del rischio di frana

	Hg1	Hg2	Hg3	Hg4
E1	Rg1	Rg1	Rg1	Rg1
E2	Rg1	Rg1	Rg2	Rg2
E3	Rg1	Rg2	Rg3	Rg3
E4	Rg1	Rg2	Rg3	Rg4

Le classi, l'intensità e gli effetti attesi del rischio da frana vengono classificati in base alla tabella sotto riportata (Tab. 4 - LGPAI).

Classe	Intensità	Valore	Descrizione degli effetti
<b>Rg1</b>	Moderato	≤ 0.25	Danni sociali, economici e al patrimonio ambientale
<b>Rg2</b>	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.
<b>Rg3</b>	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.
<b>Rg4</b>	Molto elevato	$\leq 1.00$	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche.

Tab. 4 - LGPAI – Intensità delle aree a rischio da frana e descrizione degli effetti attesi.

**11. SCHEDA IFFI**

Trattandosi di un'area a pericolosità elevata Hg3 viene allegata inoltre allegata la Scheda IFFI di censimento dei fenomeni franosi.