

COMMITTENTE

Amm.ne Comunale di Tempio Pausania (OT)

PROGETTO

**Piano Urbanistico Comunale  
Adeguamento del PUC al PAI  
Studio di compatibilità geologica e geotecnica (Art. 8 -  
Comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI)**  
*Stralcio n. 1. Studio di dettaglio della pericolosità da frana Hg  
della Loc. La Custaglia*

ELABORATO

**1**

SCALA

- - -

OGGETTO

**RELAZIONE DI ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

DATA

OTTOBRE 2014

il geologo  
dott.ssa Teresa Cossu

Vidimazioni

**AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI TEMPIO PAUSANIA (OT)**

**ADEGUAMENTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE AL PAI.  
STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA AI SENSI  
DELL'ART. 8 – COMMA 2 DELLE NTA DEL PAI.**

**Stralcio n. 1\_Studio di dettaglio della pericolosità da frana Hg della Loc. La Custaglia.**

**ELABORATO 1\_RELAZIONE DI ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

## INDICE

### PARTE I

<b>STUDI DI APPROFONDIMENTO DELLE PROBLEMATICHE DI NATURA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Principali riferimenti normativi e bibliografici.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Localizzazione dell'area oggetto di studio.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Riferimenti cartografici .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Assetto geologico di inquadramento e litostratigrafia locale .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici, dissesti in atto e potenziali e loro tendenza evolutiva .....</b>	<b>14</b>
<b>6. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea .....</b>	<b>20</b>
<b>7. Ricerca storica e di archivio .....</b>	<b>21</b>

### PARTE II

<b>VALUTAZIONE E ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DA FRANA Hg .....</b>	<b>23</b>
<b>8. Aspetti metodologici .....</b>	<b>23</b>
<b>9. Individuazione delle aree con pericolosità da frana .....</b>	<b>23</b>
<b>9.1. Scala dell'analisi territoriale .....</b>	<b>23</b>
<b>9.2. Analisi dei fattori predisponenti al dissesto. Tematismi di analisi e DB cartografici. 24</b>	<b>24</b>
<b>9.2.1. Carta dei fenomeni franosi.....</b>	<b>24</b>
<b>9.2.1.1. Carta dei fenomeni franosi. La Legenda. ....</b>	<b>24</b>
<b>9.2.2. Carta dell'instabilità potenziale dei versanti .....</b>	<b>25</b>
<b>9.2.2.1 Attribuzione dei pesi .....</b>	<b>26</b>
<b>A. Pendenza dei versanti. ....</b>	<b>26</b>
<b>B. Litologia.....</b>	<b>26</b>
<b>B.1. Tabella di Attribuzione dei pesi alle classi litologiche .....</b>	<b>29</b>
<b>C. Uso del suolo .....</b>	<b>29</b>
<b>9.2.3. Ulteriori tematismi di verifica .....</b>	<b>31</b>
<b>10. La Carta di sintesi della Pericolosità da Frana .....</b>	<b>31</b>
<b>11. Conclusioni .....</b>	<b>34</b>

## PARTE I

### STUDI DI APPROFONDIMENTO DELLE PROBLEMATICHE DI NATURA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

#### 1. Premessa

Nell'ambito della procedura di adeguamento del redigendo *Piano Urbanistico Comunale al Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico* (di seguito PAI) e al *Piano Paesaggistico Regionale*, l'Amm.ne Com.le di Tempio Pausania ha conferito alla sottoscritta dott.ssa geol. Teresa Cossu, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna al n. 628 (che si è avvalsa della collaborazione del Dott. Geol. Michele A. Ena), l'incarico di redigere lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica (ai sensi dell'Art. 8 – Comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI), che prevede, prima ancora della valutazione di compatibilità con le previsioni del PUC, la valutazione, verifica e zonizzazione della pericolosità da frana Hg nel territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico.

La finalità di quest'ultimo passaggio, non trascurabile, è quella di condurre all'aggiornamento delle vigenti perimetrazioni del PAI attraverso studi di maggiore dettaglio rispetto a quelli ad oggi eseguiti, promossi dalle singole amministrazioni (Art. 37, Comma 3, Lettera b delle NTA del PAI), e di riportare alla scala dello strumento urbanistico, previa analisi critica, le perimetrazioni della pericolosità (Art. 4, Comma 5 delle Norme di Attuazione). In questo frangente l'Art. 26, Commi 2-3-4, e l'Art. 8, Comma 5, delle NTA del PAI prevedono di indagare le aree di significativa pericolosità geomorfologica non direttamente perimetrata dal PAI, con riferimento in particolare alle aree a franosità diffusa (in cui ogni singolo evento risulta difficilmente cartografabile alla scala del P.A.I., 1:10.000), non essendo presenti nella zona di interesse condizioni riconducibili alle lettere b) e c) di cui all'Art. 26 Comma 2.

Per volontà dell'Amm.ne Comunale di Tempio, l'attività di analisi e zonizzazione della pericolosità da frana Hg ha avuto inizio dalla località prossima al centro abitato denominata *La Custaglia*.

Le risultanze del primo *step* di studio della pericolosità Hg sono riportate nel presente *Elaborato 1\_Relazione di analisi geologica e geomorfologica* e nelle tavole allegate, che rappresentano un primo stralcio dello *Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica* in adeguamento del PUC al PAI (*Stralcio n. 1\_Studio di dettaglio della pericolosità da frana Hg della Loc. La Custaglia*).

La presente relazione riporta i risultati dell'analisi geologica e geomorfologica svolta nell'unità fisiografica di interesse, denominata *Unità Fisiografica La Custaglia* (meglio definita nel seguito), nonché l'iter metodologico adottato per giungere alla definizione delle perimetrazioni delle aree con pericolosità da frana Hg.

Gli elaborati grafici allegati riportano la cartografia tematica prodotta nel corso dell'analisi territoriale e la cartografia derivata dalle elaborazioni effettuate in ambiente GIS, come richiesto dalle *Linee Guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – D.L. 180 e Legge 267/1998*.

La *Tavola 6\_Carta di sintesi di pericolosità da frana Hg* rappresenta la sintesi ed il prodotto finale del complesso di studi, osservazioni e analisi effettuati per giungere, mediante l'applicazione rigorosa della metodologia prescritta dalla normativa vigente, alla perimetrazione delle aree con pericolosità idrogeologica da frana nell'unità fisiografica *La Custaglia*.

## 2. Principali riferimenti normativi e bibliografici

I principali riferimenti normativi e bibliografici presi in considerazione nel redigere il presente studio sono di seguito riportati:

- Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico (di seguito PAI), approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006.
- Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico. *Relazione Generale*.
- Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico. *Linee Guida* per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (D.L. 180 e Legge 267/1998), di seguito denominate LINEE GUIDA, e riferimenti bibliografici in esse riportati.
- Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico. *Norme di Attuazione* (Agg. D.P.R. n. 148/2012), con particolare riferimento ai seguenti articoli: Articolo 4, Commi 4-5-6; Articolo 8, Commi 2 e 5; Articolo 26, Commi 2-3.
- Allegato alla determinazione SDS n. 1859 del 30\_12\_2005. R.A.S. – Assessorato al LL.PP., Servizio Difesa del Suolo.
- D.P.C.M. 29\_09\_1998 e relativi allegati.
- Linee guida per l'adeguamento dei piani urbanistici comunali al PPR e al PAI: *Sezione 2.4. L'adeguamento del PUC al PAI*.
- “*Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna*”. Approvato preliminarmente con deliberazione n. 3 del 7 maggio 2014 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.
- “*Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud Orientale. Piano di coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali). Sub-Bacino Posada–Cedrino*”. Approvato in via definitiva con deliberazione n. 2 del 25.02.2010 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

## 3. Localizzazione dell'area oggetto di studio

L'area oggetto di studio nell'ambito dello Stralcio n. 1 dello Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica è rappresentata da un versante esposto nord-est che lambisce la periferia SSW di Tempio Pausania, in Loc. La Custaglia

In sede di programmazione della campagna di rilevamento si è ritenuto opportuno estendere le osservazioni ed i rilievi geologici e geomorfologici oltre l'area di interesse in senso stretto, in modo da ricomprendere l'intera unità fisiografica in cui questa risulta inserita.

Infatti l'individuazione dei fenomeni di natura geomorfologica e di situazioni di criticità inerenti la propensione al dissesto idrogeologico (in atto o potenziali) comporta necessariamente lo studio dell'unità fisiografica nella sua globalità, in quanto le dinamiche ed i rapporti funzionali di scambio di materia ed energia seguono il percorso obbligato cresta - tratto intermedio - piede.

L'area da sottoporre allo studio della pericolosità da frana Hg, quindi, è stata estesa fino a chiudere, verso monte e lateralmente, in corrispondenza dello spartiacque principale, come indicato in Figura 1.

Per maggiore completezza, in fase di indagine topografica e aerofotogrammetrica preliminare, si è provveduto ad estendere ulteriormente la zona di studio fino ad individuare anche i due bacini imbriferi adiacenti a quello di interesse in direzione nord e sud, come indicato in Figura 1.

Per quanto non strettamente necessaria, l'estensione dell'area di analisi, quantomeno in fase prodromica e nella valutazione dei temi di analisi dell'*overlay mapping*, può contribuire alla

individuazione di eventuali interazioni anomale tra bacini imbriferi adiacenti<sup>1</sup>, fenomeni peraltro non individuati per il caso di specie. Per questa ragione gli elaborati *Carta litologica* (Tavola 1), *Carta delle pendenze* (Tavola 3) e *Carta dell'uso del suolo* (Tavola 2), insieme alla *Carta della instabilità potenziale* (derivata da queste, Tavola 4) si estendono fino a ricomprendere un'area più ampia rispetto all'unità fisiografica de La Custaglia. La *Carta Inventario dei Fenomeni Franosi*(Tavola 5) e la *Tavola 6\_Carta di sintesi di pericolosità da frana Hg* si riferiscono invece alla unità fisiografica di specifico interesse per il presente Stralcio n. 1.

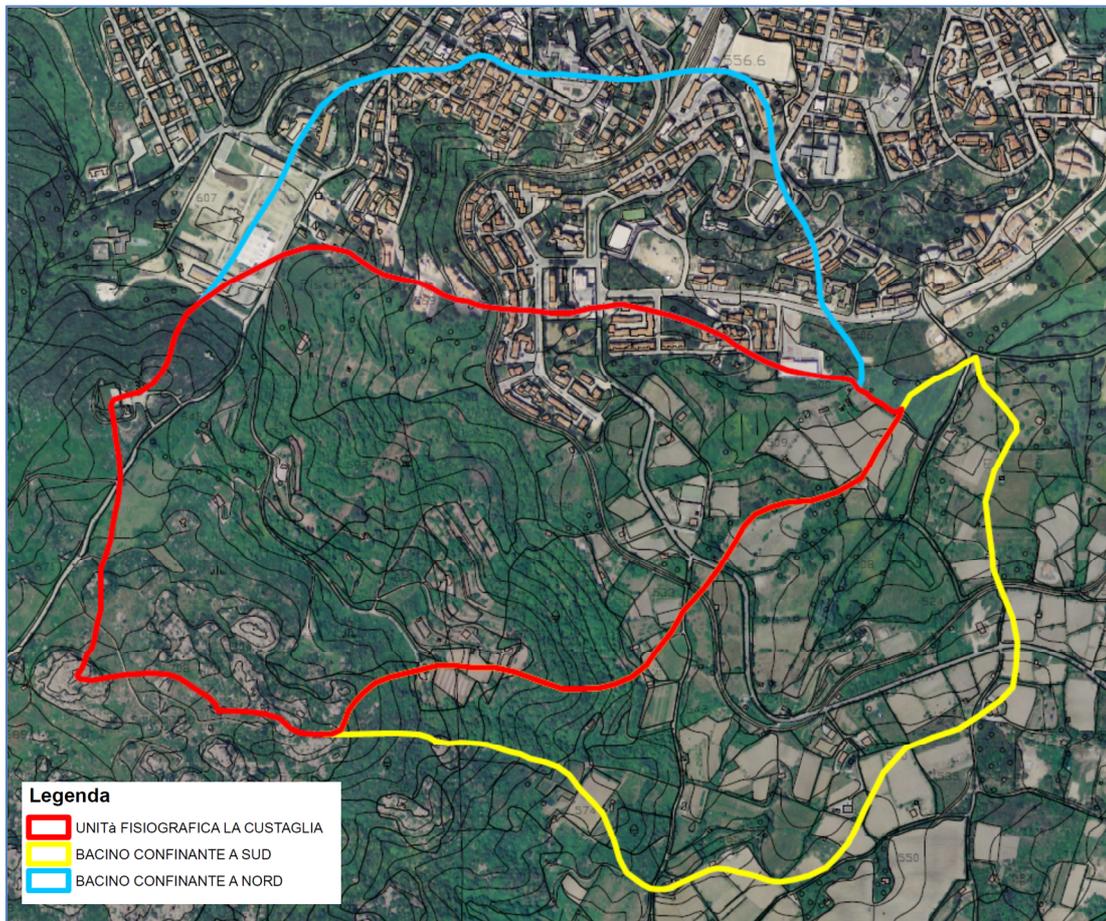


Figura 1. Stralcio aerofotogrammetrico fuori scala dell'area indagata nel presente Stralcio n. 1, in cui è evidenziato il limite dell'unità fisiografica de La Custaglia (linea rossa), insieme ai bacini imbriferi adiacenti, in direzione nord e sud.

### 3.1. Riferimenti cartografici

La zona oggetto di studio dal punto di vista cartografico è così distinta:

- Carta d'Italia I.G.M.. Scala 1:25.000\_Foglio 443\_Se. IV\_Tempio Pausania.
- Carta Tecnica Regionale. Scala 1:10.000. Foglio 443\_Se. 100.
- Volo aerofotogrammetrico dell'abitato di Tempio Pausania\_Scala 1:1000 (equidistanza isoipse: 1,0 m).
- Carta Geologica d'Italia\_Scala 1:100.000\_Foglio n. 181\_Tempio Pausania.
- Carta Geologica d'Italia\_Scala 1:50.000\_Foglio n. 443\_Tempio Pausania (da rilevamenti geologici 1:10.000).

---

<sup>1</sup> Un classico esempio è rappresentato da fenomeni di travaso di acque con carico solido attraverso la viabilità rurale, che possono determinare inaspettati fenomeni di venute d'acqua e detrito in bacini di ridotta superficie.

### 3.2. Inquadramento nel PAI vigente

Il territorio comunale di Tempio Pausania ricade nei due sub-bacini regionali:

- Sub-Bacino Regionale n. 4, Liscia;
- Sub-Bacino Regionale n. 3, Coghinas-Mannu-Temo.

Per la quota parte di territorio comunale ricadente nel Sub-Bacino n. 4 (Liscia), le perimetrazioni PAI-Parte Frane sono state approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006. La tavola di riferimento (parte frane) per il Comune di Tempio Pausania è la Hg18/18, ed interessa una porzione di territorio molto ridotta rispetto alla superficie totale (area del Limbara).

Vi è da sottolineare che le aree non perimetrare dal PAI non sono da considerarsi prive di pericolosità, bensì non censite, comunque assoggettate a verifica di pericolosità secondo le procedure di cui alla L. 267/98 e al DPCM 29/09/1998 (valgono in ogni caso le disposizioni di cui alla L. 64/74).

Per quanto riguarda la parte di territorio comunale ricadente nel Sub-Bacino Regionale n. 3, è attualmente approvato in via preliminare (con deliberazione n. 3 del 7 maggio 2014 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino) lo “*Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna*”. Le tavole di riferimento sono le n. 11-18-19-20-29-30-31.

Precedentemente, la tavola del Sub-Bacino 3ricadente nel Comune di Tempio era la Hg03/91, che ricomprendeva una piccola parte del territorio ad ovest del centro abitato.

L'Unità fisiografica La Custaglia ricade interamente nel Sub-Bacino n. 4

### 4. Assetto geologico di inquadramento e litostratigrafia locale

L'area oggetto di studio è caratterizzata da una sostanziale uniformità geolitologica, con la presenza di rocce granitoidi ascritte al Complesso Granitoide della Gallura (Unità Intrusiva di Tempio Pausania), dei depositi di copertura di genesi prevalentemente eluvio-colluviale e subordinatamente alluvionale, ricoperti a loro volta localmente da depositi di natura antropica.

Le principali formazioni geologiche affioranti nell'area indagata e nel suo intorno sono di seguito riportate in ordine cronologico dalla più antica alla più recente.

**Leucograniti** (Carbonifero sup. - Permiano). Facies Monte S. Giorgio, Subunità intrusiva di Monte Limbara.

Sono rocce a composizione super-acida, con tenore in silice compreso tra 75-78% e struttura analoga a quella di un granito, nel caso specifico moderatamente inequigranulari. Sono povere in minerali ferromagnesiaci e con un indice di colore più basso del normale. Hanno colore grigio biancastro-rosato e la paragenesi mineralogica, piuttosto omogenea, è data da quarzo (nelle alte percentuali sopra specificate), feldspato potassico (in prevalenza ortoclasio pertitico e in subordine microclino), plagioclasio di composizione oligoclasica e più raramente albitica, poca biotite (<5% modale) e talora muscovite; tra gli accessori figurano apatite, allanite, zircone e più raramente magnetite e titanite.

La particolare resistenza agli agenti esogeni del leucogranito, fa sì che questo si riscontri spesso in affioramento nella sua facies francamente litoide al più leggermente alterato nella porzione più superficiale per effetto dell'idrolisi dei silicati, che determina una debole foliazione a scaglette., come raffigurato nella Fotografia n. 3.

Le fotografie n. 1 e 2 mostrano rispettivamente: 1) una sezione stradale in cui il leucogranito affiora in facies da leggermente a moderatamente alterata, con alla base un trovante di roccia leucogranitica in facies litoide; si osservi come la roccia presenti il tipico colore grigio-biancastro, mentre la facies alterata presenti una colorazione via via più rosata con l'accrescersi del grado di alterazione (che corrisponde all'approssimarsi del piano di campagna); 2) particolare di un leucogranito in facies leggermente alterata (particolare della Fotografia n. 1), molto coesivo e resistente al tocco del martello da geologo. Nell'immagine

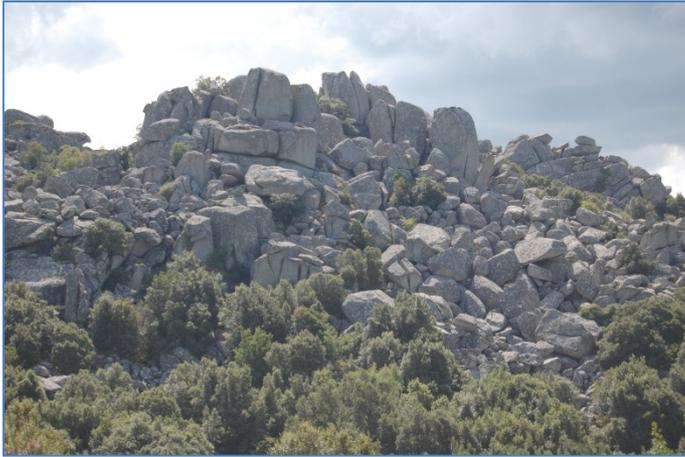
sono evidenti i k-feldspati di dimensioni maggiori rispetto agli altri minerali, che rendono la roccia moderatamente inequigranulare.



Fotografia 1. Affioramento in sezione di leucogranito in facies da moderatamente a leggermente alterata, nell'area sommitale dell'unità fisiografica de La Custaglia.



Fotografia 2. Particolare dell'immagine precedente.



Fotografia 3. Leucograniti della Facies di Monte San Giorgio, affioranti in una unità fisiografica limitrofa a quella di interesse. La particolare resistenza agli agenti esogeni facilita in questo litotipo il crearsi di tipiche morfologie erosive residuali (tor sommitali, cataste di roccia, etc.).

**Tonaliti**(Carbonifero sup. - Permiano). Facies Rinaggiu, Subunità intrusiva di Catala.

Il complesso granitoide affiora lungo il corpo del versante della unità fisiografica di interesse in forma di rocce individuabili petrograficamente come tonaliti, rocce di composizione intermedia con tenore in silice compreso tra 65-75% . La facies di gran lunga predominante è quella a grana grossa, caratterizzata da vistosi fenocristalli di plagioclasio, k-feldspato eudrale di dimensioni centimetriche, e dalla presenza macroscopica, fra le miche, della sola biotite. La tessitura granitoide è olocristallina inequigranulare, con granulometria che varia da media a grossolana, di colore prevalentemente grigio con piccole macchie nere (cristalli di biotite), biancastre (cristalli di quarzo) e rosate (cristalli di feldspato).La tessitura è orientata per flusso magmatico.

In sede di rilevamento geologico, è stato possibile osservare come le tonaliti si presentino comunemente in facies da moderatamente a leggermente<sup>2</sup> alterata, alternate ad affioramenti di roccia massiva litoide fratturata (Fotografia n. 4).

Il grado di alterazione è piuttosto omogeneo (spessori della coltre alteritica autoctona mediamente di pochi metri): da una facies moderatamente alterata, semicoerente (in cui la struttura della roccia madre è solitamente riconoscibile), dello spessore medio di 1.0 m, si ha una graduale transizione ad una facies man mano più coesiva (granitoide leggermente alterato, da semicoerente a sub-litoide) con potenza media compresa tra 1-2 m che, con l'incremento della profondità, diviene progressivamente litoide. Alla base di questa sequenza, che è possibile definire quale sequenza-tipo per l'area di indagine (definibile anche come una unità geologico-tecnica che tende a comportarsi in maniera omogenea rispetto ad un dato tipo di problema geologico e geotecnico), si osservano trovanti di roccia alterata, fino a giungere, senza una precisa soluzione di continuità, alla roccia litoide, massiva o fratturata.

Non è raro individuare, all'interno della sequenza alteritica, trovanti di roccia francamente litoide o interdigitazioni del bedrock che giungono ad intersecare la superficie topografica, dando vita a caratteristici spuntoni rocciosi (Cfr. Fotografia 4).

---

<sup>2</sup> Estratto dalla Rivista di Geotecnica, n. 2, 1993. Metodologia per la descrizione quantitativa delle masse rocciose. Tabella A – “Grado di alterazione delle masse rocciose”.

<p><b>FORTEMENTE ALTERATA:</b> Più della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente come uno scheletro discontinuo o all'interno di singoli blocchi.</p> <p><b>MODERATAMENTE ALTERATA:</b> Meno della metà del materiale roccioso è decomposto e/o disgregato come un terreno. Roccia fresca o decolorata è presente o come uno scheletro continuo o all'interno di singoli blocchi.</p> <p><b>LEGGERMENTE ALTERATA:</b> La decolorazione indica una alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso può essere decolorato e talvolta può essere esternamente meno resistente della roccia fresca all'interno.</p>
---

Quando alterata, la roccia mantiene comunque un elevato grado di coesione; anche la struttura e la tessitura della roccia madre permangono ben riconoscibili, così come il motivo strutturale.



Fotografia 4. Affioramento di tonaliti in facies litoide lungo la strada che attraversa il versante de La Custaglia.



Fotografia 5 a-b. a) Affioramento di tonaliti in facies leggermente alterata lungo la strada che attraversa il versante de La Custaglia. Alla base della scarpata si osserva roccia sub-litoide (il riferimento è pari a 1.0 m). Al tetto della formazione granitoide si scorge un corpo suolo poco evoluto con potenza pari a circa 0.5 m. b) Particolare dell'immagine precedente, in cui si riconosce la tessitura olocristallina della roccia.



Fotografia 6 a-b. a) Affioramento di tonaliti in facies da leggermente alterata a sub-litoide lungo la strada che attraversa il versante de La Custaglia. b) Particolare dell'immagine precedente, in cui si riconosce la tessitura olocristallina della roccia e il motivo strutturale.

**Monzograniti inequigranulari** (Carbonifero sup. - Permiano). Facies Punta Lovia Avra. Subunità intrusiva di Catala.

I monzograniti affiorano al piede del versante de La Custaglia. Si tratta di rocce intrusive sature (percentuale di quarzo >5%) a chimismo acido (percentuale di silice compresa tra 65-75%) caratterizzate dalla predominanza di feldspato potassico e plagioclasio (labradorite); presenti in percentuali simili, pirosseno monoclino, orneblenda.

All'esame macroscopico i monzograniti mostrano struttura massiva e tessitura granitoidale olocristallina inequigranulare (associata alla disposizione disomogenea ed alle dimensioni mediamente elevate -centimetriche- dei cristalli eudrali di k-feldspato), con granulometria che varia da media a grossolana (diametro medio 3,5 mm), di colore prevalentemente grigio-rosato (da chiaro a scuro) con piccole macchie nere (cristalli di biotite), biancastre (cristalli di quarzo) e rosate (cristalli di feldspato); a luoghi sono presenti iso-orientazioni per flusso magmatico, evidenziate soprattutto dalla disposizione delle biotiti.

Nelle immagini che seguono è possibile osservare un affioramento di monzograniti inequigranulari interno al centro abitato (Via Togliatti), in facies da sub-litoide (alla base della scarpata) a leggermente alterata, in cui la tessitura della roccia madre ed il motivo strutturale sono ben riconoscibili. Nel particolare della immagine si riconoscono i fenocristalli di k-feldspato.



Fotografia 7 a-b. Affioramento di monzograniti inequigranulari in facies da sub-litoide a leggermente alterata, coesivi (Via Togliatti).

**Breccie magmatiche** (Carbonifero sup. - Permiano). Facies Rio Pedralza. Subunità intrusiva di Catala.

Litotipo affiorante nel tratto vallivo dell'unità fisiografica di interesse. Si tratta di un ammasso costituito da frammenti di rocce di forma lenticolare o angolare a composizione quarzodioritica a grana minuta tendenzialmente equigranulare, inglobati in matrice granodioritica grigio chiara. L'ammasso risulta incluso nei monzograniti fortemente inequigranulari della facies Monte di La Jescia, che affiorano nella periferia sud est di Tempio Pausania e nell'agro comunale, direzione ENE rispetto all'abitato.

#### **Le facies di alterazione nelle rocce granitoidi.**

La tipica *facies* di alterazione dei granitoidi fin qui descritti è rappresentata dalla cosiddetta roccia "arenizzata", che si produce per gli effetti che la combinazione di agenti atmosferici (acqua di ruscellamento superficiale e vadosa, acido carbonico, ossigeno), agenti fisici (termoclastismo, crioclastismo) ed agenti organici (di origine animale e vegetale) hanno sui singoli minerali che costituiscono la roccia madre.

Alcuni tra i più comuni processi di degradazione dei minerali che costituiscono i granitoidi sono l'idrolisi dei silicati, la caolinizzazione dei feldspati e fenomeni di idratazione. I prodotti dell'alterazione chimica di solito conservano in buona parte la forma dei minerali originari, così che la struttura primitiva della roccia permane normalmente invariata e riconoscibile nelle facies moderatamente e leggermente alterate.

Evidentemente il processo di alterazione risulta più efficace su litotipi fratturati: infatti la presenza di una rete di discontinuità tettoniche fa sì che l'attività disgregante dei fattori succitati possa esplicarsi tanto in superficie quanto in profondità; al contrario se la roccia madre ha carattere massivo, viene intaccata esclusivamente la coltre superficiale, fino ad una profondità massima di pochi centimetri di spessore (alle nostre condizioni climatiche).

Ne consegue che a seconda dell'intensità e dell'efficacia dell'azione degli agenti chimici e fisici sulla roccia madre, ed in dipendenza dal chimismo e dal grado di fratturazione di quest'ultima, il processo di arenizzazione potrà essere più o meno spinto, con tutta una serie di *facies* di alterazione intermedie.

Un granitoide alterato può genericamente essere definito come una roccia semicoerente in cui le strutture originarie sono ancora ben riconoscibili, compresa la maggior parte dei minerali ed eventuali manifestazioni filoniane, ma in cui i legami molecolari risultano più deboli che nella roccia sana.

A partire da questa definizione, in fase di rilevamento geologico di superficie si vanno ad osservare e descrivere tutta una serie di situazioni intermedie tra la roccia litoide propriamente detta ed il cosiddetto sabbione granitico, che rappresenta il prodotto finale del processo di arenizzazione di una roccia granitoide e consiste in un sabbione più o meno sciolto a composizione prevalentemente quarzosa (sabbia arcossica) in cui i minerali originari sono per la maggior parte alterati ed in cui i legami molecolari sono debolissimi, pressoché inesistenti.

Nelle facies da leggermente a moderatamente alterate, le più diffuse nell'area di indagine, sono invece riconoscibili struttura e tessitura della roccia madre, particolari orientazioni per flusso magmatico, ed anche i motivi strutturali. La roccia mantiene un grado elevato di coesione, non tende a disgregarsi al tocco del martello da geologo, ed esercita una elevata resistenza agli agenti erosivi (Cfr. Fotografie 1-2-5-6-7).

### **Complesso filoniano** (Carbonifero sup. - Permiano inf.).

Le manifestazioni filoniane rilevate nell'area in studio sono da considerarsi un diretto effetto della tettonica connessa alla fase distensiva dell'Orogenesi Ercinica. Rappresentano infatti il prodotto del riempimento di fratture in rocce intrusive granitoidi per venuta di fluidi magmatici lungo le stesse. Sono rappresentate da rocce di differente chimismo ma probabilmente riconducibili a corpi intrusivi derivanti da un'unica camera magmatica, per le analogie che esse presentano dal punto di vista classificativo e giaciturale. Il complesso filoniano è costituito da filoni di quarzo, porfiriti e micrograniti, filoni a composizione prevalentemente basica (basalto, spessartiti, diabasi, lamprofiri) e ad affinità calcicalina. I filoni a chimismo basico, rappresentati nell'unità fisiografica di interesse, sono contemporanei ai filoni microgranitici e porfiritici, presentano generalmente una colorazione scura per la presenza di abbondanti minerali femici quali la biotite e l'anfibolo orneblenda (minerale predominante tra i fenocristalli), mentre nella pasta di fondo è presente un plagioclasio di tipo sodico-calcico.

### **Depositi eluvio-colluviali, detrito di versante**(Olocene).

La più diffusa tipologia di deposito di versante riscontrata nel corso del rilevamento geologico di superficie è rappresentata da depositi eluvio-colluviali e detrito diversante, i quali costituiscono una coltre mediamente poco potente ma continua derivante dal lento disfacimento delle rocce del bedrock granitoide e trasportate in prevalenza da acque di ruscellamento diffuso o disceso per gravità.

In condizioni naturali il prodotto della alterazione del bedrock, in relazione alla pendenza dei versanti ed alla copertura vegetale, in parte permane in situ ed in parte tende ad accumularsi nelle aree morfologicamente depresse (compluvi).

Lungo il versante oggetto di studio, le formazioni alloctone sono costituite da depositi clastici granulari poco elaborati di genesi colluviale ed eluviale, prevalentemente costituiti da frammenti litici spigolosi policristallini mediamente centimetrici di roccia granitoide più o meno alterata associati a singoli cristalli di quarzo, immersi in una matrice a granulometria variabile da sabbiosa a limo-argillosa. L'alterazione anche spinta della componente feldspatico-plagioclasica e dei minerali femici produce una discreta componente fine ascrivibile granulometricamente ai limi e alle argille, che va a costituire la matrice fine dei depositi terrigeni, talora percentualmente preponderante rispetto allo scheletro clastico più grossolano. Tali sedimenti, ad esclusione della parte superiore pedogenizzata, a meno di rimaneggiamenti antropici, risultano in genere ben addensati, pseudocoerenti, con colorazione che può tendere al marrone chiaro fino all'ocra, a causa di fenomeni di ossidazione, caratteristici in particolare dei livelli più antichi.



Fotografia 8 a e b. a) Affioramento in sezione della formazione detritica di versante nell'unità fisiografica di interesse, ad una quota di circa 590 m slm. Lo spessore in questo caso è di circa 50 cm. Alla base dell'affioramento di detrito, una sezione stradale, si ha la roccia tonalitica. b) particolare della fotografia 8 a.

Come già accennato, il detrito si rileva con una certa continuità lungo il corpo del versante de La Custaglia, con potenze medie molto basse, inferiori al metro, da porre in relazione alla elevata resistenza della roccia granitoide, anche in facies alterata, agli agenti esogeni ed ai fenomeni erosivi che si esplicano lungo il pendio. La presenza lungo il versante di una copertura boschiva e di un sottobosco piuttosto fitti e continui limita l'innescarsi di ruscellamento concentrato e di fenomeni erosivi di elevata intensità, pertanto i fenomeni di presa in carico e trasporto di detrito si traducono nel caso di specie principalmente in dilavamento superficiale a carico delle coltri alloctone.

**Depositi alluvionali di fondovalle (Olocene).** Si tratta di depositi detritici in genere moderatamente o per nulla elaborati dal trasporto idrico, concentrati in corrispondenza e in prossimità degli impluvi maggiori, tra cui il Riu Manzoni, cui afferisce l'asta in cui è ubicata la sezione di chiusura dell'unità fisiografica in studio.

Sono costituiti da depositi derivanti perlopiù dalla erosione della coltre detritica di versante, e si caratterizzano per la presenza di granulometrie anche grossolane. Non mancano, in prossimità del centro abitato, materiali derivanti dall'erosione di terreni di riporto o di genesi artificiale.

**Terre di riporto.** Comprendono tutto l'insieme di terre derivanti dall'azione morfogenetica connessa con l'attività antropica che ha prodotto una discontinua ma talora significativa coltre di riporto più o meno addensata, variamente distribuita entro l'area urbana e nelle sue aree periferiche, ubicata nella porzione basale dell'unità fisiografica in studio.

Trattasi di terre di varia natura ed origine (es.: rilevato ferrovia, risulta di scavi eseguiti su roccia granitoide alterata, materiali di genesi artificiale, terreno vegetale, etc.) normalmente prive di adeguato addensamento.

**Substrati artificiali.** Rappresentano tutti quei substrati di genesi esclusivamente artificiale connessi con l'urbanizzazione (piazzali, strade, edifici, etc.) che impediscono qualsiasi diretta osservazione del suolo locale.

### **5. Lineamenti geomorfologici, processi morfologici, dissesti in atto e potenziali e loro tendenza evolutiva**

L'analisi geomorfologica dell'unità fisiografica indagata, con la individuazione dei processi morfogenetici e morfodinamici e delle tipologie di dissesto franoso in atto e potenziali, è stata condotta a partire dalla sommità del rilievo verso valle, così da inquadrare la dinamiche di versante secondo una logica sequenza spazio-temporale.

L'unità fisiografica di interesse è stata individuata in un bacino imbrifero secondario orientato in direzione ovest-est ed esposto ENE di dimensioni pari a 0.804 kmq. La quota massima è pari a 720 m slm, e la sezione di chiusura, corrispondente alla quota minima, è posta a 500 m slm.

La zona sommitale dell'unità fisiografica è caratterizzata dalla presenza in affioramento di rocce granitoidi ad elevato tenore in silice (leucograniti), rivelatesi particolarmente resistenti all'aggressione degli agenti esogeni e, conseguentemente, all'erosione.

Queste danno vita ad una tipica morfologia che spesso ricorre nelle aree granitiche, con la presenza di *duomi* o *cupole* e speroni rocciosi in rilievo (*tor*), a fianchi ripidi e privi di copertura detritica o di suolo, intercalati ad aree con pendenza limitata.

L'origine di queste morfologie è da attribuire alla selettività della alterazione chimico-fisica rispetto al motivo strutturale della roccia granitica.

L'alternarsi di zone con differente grado di diaclasizzazione, unito ai fenomeni di erosione e progressiva denudazione, determina nel tempo l'isolamento di rilievi rocciosi con forme lisce e piuttosto arrotondate (*duomi* o *cupole*<sup>3</sup>), in cui è evidente in superficie il motivo strutturale di famiglie di giunti con spaziatura elevata intersecantesi l'un l'altra.

Dove il motivo strutturale si infittisce, l'azione degli agenti esogeni si esplica con maggiore incisività e penetratività (infiltrazione di acque meteoriche in frattura, idrolosi dei silicati spinta nelle zone di ristagno di acque ed umidità, crioclastismo, termoclastismo). Ciò comporta il progressivo allentamento dell'ammasso roccioso per degradazione chimico-fisica, facilitando ed accelerando i fenomeni di isolamento di cunei di roccia e rendendo più efficace l'azione disgiuntiva, per quanto si tratti, comunque, di rocce tendenzialmente molto resistenti agli agenti atmosferici. Ciò determina la comparsa di altre tipologie di forme di erosione residuali, con blocchi sferoidali, anche sovrapposti (*cataste di blocchi*), e spuntoni e pilastri rocciosi (*tor*) che spiccano rispetto alla superficie topografica. Secondo le classificazioni proposte da diversi geomorfologi (es.: Gerrard, Twidale, Ehlen), i *tor* sono distinti principalmente in base alla loro posizione geomorfologica (es.: tor-sommitale, tor-sperone, tor di versante).

*Duomi* rocciosi e *tor* caratterizzano dunque la zona sommitale della unità fisiografica di interesse, in cui spiccano anche di qualche metro rispetto all'area sub-pianeggiante presente nel loro intorno.

---

<sup>3</sup> Per questa tipologia di alto morfologico può essere impiegato anche il nome di *inselberg*, a patto che a questo venga attribuito esclusivo significato topografico e non morfogenetico (in quanto sono definiti *inselberg* anche altre tipologie di rilievo, dalla tipica posizione topografica isolata in differenti ambienti morfoclimatici) [Fonte: Mario Panizza, Geomorfologia].



Fotografia 9. Tor sommitale nell'unità fisiografica di interesse.



Fotografia 10. Tor di versante, poco visibile da foto aerea in quanto lambito e quasi sovrastato dalla vegetazione boschiva.

Si riconoscono sulla loro superficie cunei rocciosi completamente isolati dall'erosione, che comunemente risultano ben adagiati sull'ammasso roccioso in posto. Non è possibile escludere però che alcuni di questi possano essere interessati da fenomeni di crollo e scivolamento traslativo.

Non si ritiene che eventuali cunei rocciosi isolati dai fenomeni disgiuntivi abbiano la possibilità di innescare, a seguito di fenomeni di crollo, una efficace propagazione nell'intorno dei rilievi residuali, sia in ragione delle pendenze molto limitate che caratterizzano la zona sommitale dell'unità fisiografica in studio, sia per la decisa azione regimante della fitta vegetazione boschiva ed arbustiva presente lungo il corpo del versante, che lambisce e circonda le forme di erosione residuale delle rocce leucogranitiche (si fa riferimento anche ad alcuni piccoli *tor* di versante attualmente di non agevole individuazione<sup>4</sup> proprio per la presenza del bosco). Infatti la fitta vegetazione non solo

---

<sup>4</sup> Individuati attraverso lo studio delle foto aeree del 1977 (quando la copertura boschiva in Loc. La Custaglia interessava una superficie inferiore). Fonte: Sardegna foto aeree (<http://www.sardegna-territorio.it/webgis/fotoaeree/>).

attutisce ed assorbe l'energia sprigionata all'impatto al suolo, smorzando eventuali rimbalzi, ma immersa i blocchi poggianti sul terreno, agendo per questa tipologia di movimenti gravitativi come fondamentale fattore stabilizzante, con una netta riduzione del raggio di azione dei fenomeni di propagazione lungo il pendio. Ne consegue che i volumi in distacco tendano ad adagiarsi alla base dell'affioramento roccioso di origine, come risulta anche dalla analisi da foto aeree condotta per l'intera unità fisiografica.



Fotografia 11. Panoramica della unità fisiografica di interesse. Nella zona sommitale si riconoscono sia il duomo granitico principale sia alcuni tor sommitali. Si osservi la continuità della copertura boschiva, che giunge a lambirli.

La fascia mediana dell'unità fisiografica di interesse si distingue per un netto incremento della pendenza media (che va da 0-20% a 20-35%), che trova corrispondenza con il passaggio alle tonaliti della Facies Rinaggio. Questi due fattori determinano un deciso mutamento nei processi geomorfici di modellamento del rilievo rispetto a quanto osservato per il substrato leucogranitico.

In particolare la pendenza, insieme alla posizione topografica a mezza costa, introducono tra gli agenti modellanti del substrato litologico le acque di deflusso superficiale. Ed infatti il settore mediano del versante si caratterizza per la presenza di alcune linee di impluvio, intercalate a spartiacque secondari morfologicamente ben evidenti, seppure le forme risultino nel complesso piuttosto arrotondate, in contrasto con quelle aspre della zona sommitale descritta in precedenza.

A seconda delle caratteristiche del substrato litologico, delle pendenze e della copertura vegetale, l'azione di scorrimento delle acque lungo il versante può innescare in maniera più o meno incisiva fenomeni erosivi diffusi o concentrati, dei quali si sono ricercate evidenze sul campo nel corso del rilevamento geomorfologico.

In prossimità della sommità del rilievo e degli spartiacque principali e secondari, le acque di origine meteorica danno vita a moti diffusi, talora anche ristagni, che nel caso di specie sono privi di effetti erosivi accompagnati da asportazione e trasporto di suolo.

Questi moti di divagazione areale si evolvono in ruscellamenti diffusi a partire dalla zona alta della fascia mediana del versante, segnata dall'incremento della pendenza.

Di questa tipologia di deflussi laminari non si osservano particolari evidenze sulla superficie del pendio, fatta eccezione per alcuni punti particolari, come per esempio le sezioni stradali della viabilità sterrata che attraversa trasversalmente il versante, in cui è più agevole individuarne gli effetti: qui si riconoscono infatti i tipici depositi sciolti e dilavati di sabbie arcose e colluvio al piede della scarpata sul lato monte, connessi ai fenomeni di presa in carico e trasporto di terreni superficiali, indicatori di occasionale dilavamento diffuso, presente seppur debole, vista anche la natura del substrato graniticoide, coesivo e particolarmente resistente all'erosione. Si rilevano inoltre tratti di versante in cui la copertura

erbacea risulta piegata in direzione della massima pendenza, ad indicare il passaggio occasionale di lame d'acqua.



Fotografia 12. Sezione stradale di una via di penetrazione agraria che attraversa trasversalmente il versante de La Custaglia, in cui è possibile osservare la vegetazione erbacea piegata verso il basso, ad indicare pregressi fenomeni di deflussi laminari, con deposito di sabbia e fogliame alla base.

Più a valle, nella zona mediana del versante, i deflussi di tipo laminare possono evolvere in piccoli rivoli ramificati. In prossimità dei principali compluvi compaiono alcuni solchi di ruscellamento concentrato, diretti lungo la linea di massima pendenza. Questi non presentano la tipica forma a V, hanno profondità medio-bassa, dell'ordine del decimetro, anche in ragione dei bassi spessori della coltre colluviale lungo l'intero versante, su cui sono scavati ed in cui si concentrano i fenomeni di asportazione e trasporto. Al fondo è solitamente visibile il substrato granitoide in facies alterata ma coesivo, che mostra una certa consistenza al tocco del martello da geologo e, conseguentemente, una buona resistenza all'erosione da parte delle acque di ruscellamento.

In questo settore del pendio, soprattutto in alcune aree libere da vegetazione (come ad esempio la rete viaria di penetrazione agraria ed alcune limitate superfici) si possono osservare direttamente segni di dilavamento diffuso, con evidenze di trasporto superficiale di materiale sabbioso e frammenti litici a spigoli vivi di dimensioni medie centimetriche. Il dilavamento superficiale si esplica in concomitanza a precipitazioni meteoriche intense o prolungate e può acquisire energia tale da innescare deboli fenomeni di asportazione e trasporto, soprattutto a carico della coltre colluviale. Non sono state osservate in sede di rilievo geologico-geomorfologico superfici di roccia granitoide completamente denudate per dilavamento diffuso, che si esplica soprattutto a carico delle formazioni sciolte o pseudocoerenti, come il colluvio ed il corpo suolo.

Si è osservato come solchi di ruscellamento concentrato tendano a svilupparsi lungo la viabilità secondaria, anche interna alle proprietà private. La creazione di piste prive di accorgimenti per la corretta regimazione delle acque innesca comunemente questo tipo di fenomeni, con veicolazione di acque di ruscellamento diffuso, concentrazione di fenomeni erosivi lungo direzioni anche differenti dalla linea di massima pendenza e travasi di acque tra bacini imbriferi adiacenti. Questo aspetto è meritorio di particolare attenzione per il futuro, così da evitare l'innescare di fenomeni erosivi concentrati in zone in cui, altrimenti, si esplicherebbero esclusivamente deflussi diffusi e laminari.



Fotografia 13. Solco di ruscellamento concentrato prossimo ad una linea di impluvio principale, a mezza costa nella unità fisiografica di La Custaglia.



Fotografia 14. Evidenze di trasporto sabbia arcossica e frammenti litici spigolosi di dimensione media centimetrica lungo la superficie del versante, a mezza costa nella unità fisiografica di La Custaglia.



Fotografia 15. Fenomeni di ruscellamento concentrato lungo una pista privata, a mezza costa nella unità fisiografica di La Custaglia.

Le maggiori evidenze di processi di ruscellamento concentrato si hanno lungo le principali linee di impluvio, occasionalmente interessate da deflussi dal potenziale potere erosivo, in concomitanza a venute meteoriche di particolare intensità.

Non si osserva lungo i compluvi principali la presenza di rilevanti coltri detritiche, ma al più, un locale incremento delle potenze medie della coltre colluviale, che possono superare il metro. Sul fondo dei compluvi si scorge a tratti la roccia tonalitica in facies da moderatamente alterata a litoide, mentre le formazioni alloctone colluviali, disposte in sponda, risultano localmente incise per pregressi deflussi incanalati.

Vi è da segnalare che alcuni compluvi presentano, anche in assenza di alimentazione meteorica, deboli deflussi nell'intero corso dell'anno, alimentati da sorgenti con portate limitate ma perenni.

La presenza della copertura vegetale boschiva evoluta e tendenzialmente continua con a tratti un folto sottobosco, che caratterizza la Loc. La Custaglia, è un fattore particolarmente positivo di contrasto dei processi erosivi innescati dai deflussi superficiali sopra descritti.

Infatti la vegetazione boschiva ed arbustiva esplica una doppia azione, rispettivamente regimante ed antierosiva: riduce la quantità di acque meteoriche disponibili al ruscellamento, incrementando anche del 30% l'evapotraspirazione; le chiome degli alberi, della macchia e dei cespugli, il sottobosco (ove presente) ed il letto di foglie sul suolo intercettano le gocce di pioggia e ne smorzano l'energia impattante, riducendo così il cosiddetto fenomeno di *splash*; aumenta la permeabilità del terreno, in quanto le acque di dilavamento trovano nella interfaccia suolo-radice una via preferenziale di ingresso nel sottosuolo; riduce le acque disponibili al ruscellamento, sia per l'incremento dell'infiltrazione che per la "rottura" delle vie preferenziali di scorrimento concentrato ad opera del sottobosco; prolunga i tempi di corrivazione.

Anche macchia bassa e cespuglieti riescono ad esplicitare, seppur in misura minore, una azione antierosiva e regimante dovuta all'aggrappamento del suolo da parte delle radici, all'aumento della porosità, all'intercettazione in piccola parte delle acque di pioggia ed alla attenuazione del ruscellamento superficiale concentrato.

Quanto affermato porta a concludere che i processi erosivi connessi ai deflussi superficiali, seppur presenti nel versante indagato, risultano fortemente indeboliti anche nelle limitate aree dove l'acclività tende ad incrementarsi, superando il 35%.

Il settore basale del pendio si contraddistingue per il repentino decremento della pendenza media, che dal 10%-35% raggiunge il range 0-10%. In termini morfodinamici, questa netta riduzione della pendenza si traduce nella progressiva attenuazione dei processi di dilavamento diffuso e concentrato individuati nel corpo del pendio, per la perdita di energia da parte dei deflussi superficiali e conseguente abbandono del carico solido.

Ne consegue un lieve incremento della potenza della coltre colluviale, con particolare riferimento allo sbocco a valle delle principali linee di impluvio.

Compare alla base del versante il reticolo idrografico secondario, con linee di impluvio che evolvono in aste torrentizie topograficamente evidenti, che vanno a riversarsi nell'asta in cui si trova posizionata la sezione di chiusura dell'unità fisiografica di interesse, che afferisce a sua volta nel Riu Manzoni.

A questo proposito, una zona di particolare interesse dal punto di vista dell'analisi di pericolosità idrogeologica è quella a monte della Via Silla Lissia, a ridosso del centro abitato e della linea ferroviaria, in cui si ha la convergenza di quattro compluvi secondari che intercettano buona parte delle acque meteoriche che afferiscono al bacino imbrifero de La Custaglia; questi, unendosi a creare un'unica asta torrentizia, non paiono trovare, alla intersezione con il centro edificato, ed ancor prima con la linea ferroviaria, una adeguata rete di intercettazione e smaltimento delle acque, determinando una situazione di potenziale pericolosità idraulica, certamente meritoria di un approfondimento di natura, appunto, idrologica e idraulica.

## **6. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea**

L'unità fisiografica in esame non presenta un reticolo idrografico stabile, bensì alcune linee di impluvio, presumibilmente impostate lungo direttrici tettoniche, in cui si verificano occasionali riattivazioni direttamente connesse ad afflussi meteorici particolarmente intensi (regime occasionale, alimentazione per corrivazione). L'effimero reticolo idrografico è del primo grado e le aste presentano andamento sub-rettilineo, orientato secondo la linea di massima pendenza. Compare alla base del versante il reticolo idrografico secondario, con linee di impluvio che evolvono in aste torrentizie topograficamente evidenti, che vanno a riversarsi nell'asta in cui si trova posizionata la sezione di chiusura dell'unità fisiografica di interesse, che afferisce a sua volta nel Riu Manzoni.

La circolazione idrica sotterranea nell'area indagata avviene all'interno del complesso idrogeologico igneo intrusivo, per definizione poco permeabile e dalla bassa porosità efficace, in cui è possibile distinguere due distinte tipologie di acquifero, di seguito descritte. La porzione superficiale, costituita da roccia granitoide in facies alterata, è permeabile per porosità. La roccia semicoerente presenta una buona componente scheletrica ed una certa componente fine limo-argillosa, derivante dalla alterazione dei minerali feldspatici. Il coefficiente di permeabilità  $K$  per la coltre superficiale arenizzata è dell'ordine di  $10^{-6}$  m/s, per cui il grado di permeabilità relativa è definibile come mediamente basso. Il grado di permeabilità cresce proporzionalmente al grado di disfacimento della roccia granitoide, che in forma di sabbione arcoso (roccia granitoide completamente alterata, ridotta a roccia incoerente, poco rappresentata nell'area indagata) può arrivare a valori medi di permeabilità relativa, con coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-4}$  m/s.

La roccia granitoide in facies litoide costituisce nell'area in esame il substrato impermeabile, che in particolari condizioni geo-strutturali può presentare limitati valori di permeabilità secondaria, ovvero per fessurazione. La roccia litoide va a costituire pertanto un impermeabile relativo rispetto alla coltre alteritica, in grado di tamponare parzialmente la circolazione idrica per la presenza di una superficie di contatto tra complessi con differente permeabilità relativa. L'acquifero fessurato è per definizione anisotropo e discontinuo, caratterizzato da condizioni di circolazione idrica sotterranea tali da avere circuiti

generalmente lenti. In questa tipologia di acquifero l'acqua di falda si accumula in zone dell'ammasso roccioso in cui le fratture risultano aperte, beanti e povere o prive di riempimento, condizioni che solitamente tendono a coesistere a profondità medio-elevate, comunemente superiori a 20-30 m dal p.c. (soggiacenza mediamente decametrica).

Nel complesso idrogeologico granitoide la falda freatica superficiale, se presente, presenta portate proporzionali allo spessore della coltre alteritica, ha carattere generalmente effimero e si imposta all'interfaccia con la formazione in facies litoide. La superficie piezometrica delle falde sub-superficiali, così come la direzione di deflusso, segue l'andamento della superficie topografica. Nelle zone in cui questa risulta incisa (es.: compluvi), è più facile riscontrare emergenze sorgentizie, per intersezione del piano di campagna con la zona satura. Ed infatti, in sede di rilevamento (settembre 2014) si è riscontrata la presenza di alcune emergenze sorgentizie con portata limitata (in relazione agli altrettanto limitati spessori della coltre alteritica), ubicate in corrispondenza di linee di compluvio ed alimentate da falde acquifere di modesta entità, impostate nelle formazioni porose superficiali.

## 7. Ricerca storica e di archivio

Il rilievo geologico-geomorfologico è stato preceduto da una ricerca storica e di archivio volta a ricostruire eventuali dinamiche del versante o eventi franosi attualmente non più visibili o accertabili sul campo e, possibilmente, a ricostruire le possibili concause innescanti dei fenomeni franosi.

L'indagine è stata preceduta da una prima analisi topografica della unità fisiografica in studio, con la individuazione della rete di drenaggio secondaria (non è presente nell'unità fisiografica di La Custaglia un reticolo idrografico stabile) e delle zone con maggiore acclività. La combinazione di questi due fattori ha consentito di orientare la ricerca, sia sul campo che di archivio, verso aree di potenziale elevata criticità.

L'archivio del Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), consultabile previa registrazione sul sito internet [www.mais.sinanet.apat.it](http://www.mais.sinanet.apat.it), non individua nell'unità fisiografica di interesse fenomeni franosi, come indicato nella Figura n. 2.

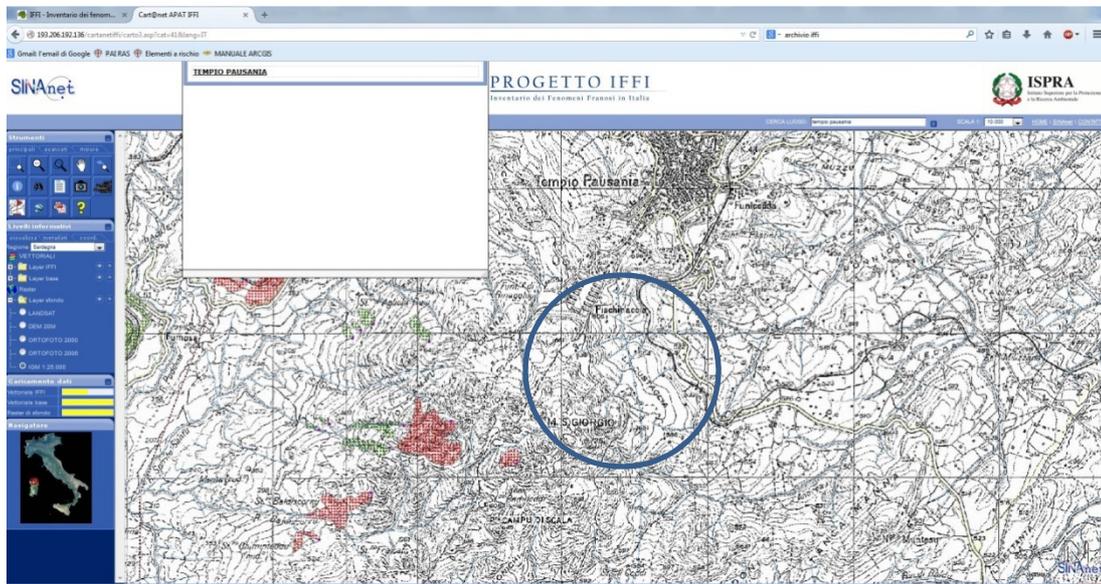


Figura 2. Schermata del *webgis* del Progetto IFFI. Centro abitato di Tempio Pausania. Per l'area di interesse, evidenziata dal cerchio blu, l'archivio IFFI non riporta fenomeni franosi pregressi.

Dalla consultazione del sito internet [www.gndci.cnr.it](http://www.gndci.cnr.it), nel quale è possibile accedere all'archivio del Progetto AVI, emerge invece per la Loc. La Custaglia l'indicazione di un

evento franoso occorso nel gennaio 2001. Si riporta di seguito la tabella di output a seguito della applicazione del filtro di ricerca Archivio Frane AVI – Comune di Tempio Pausania:

Numero	Località	Data	Ambiente fisiografico
10600155	La Culstaglia	/1/2001	Collina
10600156	Lu Culosu	/1/2001	Collina
10600157	Tempio Pausania - Mantelli	/11/1998	Collina
10600177	Tempio Pausania (Comune di)	/11/1998	Collina

Di seguito i contenuti della Scheda di censimento AVI riferita alla Loc. La Custaglia, dalla quale non si evince la esatta ubicazione, ma solamente il fattore innescante (precipitazioni) e la tipologia di danni occorsi (lievi). Non si riportano danni a persone.

#### **SCHEDA DI CENSIMENTO N. 10600155**

##### **Informazioni amministrative**

Regione : Sardegna. Provincia : Sassari. Comune : Tempio Pausania. Codice ISTAT : 20090070. Comunità Montana : Gallura. Località : La Culstaglia. Codice ISTAT : 20090070

##### **Informazioni generali sull'evento**

Data : /1/2001

Ambiente fisiografico : Collina

##### **Cause innescanti**

Precipitazioni

**Informazioni sui danni. Ai beni:** Edifici civili - Centri abitati (Lieve)

**Usi del suolo:** Insediamenti (Presenti); Infrastrutture (Esistenti).

**Esiste un rapporto monografico:**No

**Bibliografia.** Riferimento n.: 792. Titolo: L'Unità [1924]. Genere: Periodico. ISBN o ISSN: 0391-7002. Ente: Partito Comunista Italiano

**Schede di censimento AVI. Schede S4 correlate. Schede S0:** CEN2001-0038 -

**Informazioni censuarie.** Unità Operativa: 106. Rilevatore: Rilevatore: 1. Data di compilazione: Data di compilazione: 01-04-2002.

**Competenze.** Censimento effettuato da:SGA-GE. Inserimento effettuato da:SGA-GE. Area di competenza: Sardegna. Quotidiani consultati: La Nuova Sardegna.

A conferma dei dati emersi dalla ricerca bibliografica, la richiesta di informazioni a persone residenti nelle zone interessate incontrate nel corso dei sopralluoghi riporta ad un evento meteorico di pioggia molto intenso, che avrebbe determinato un allagamento alla base del pendio de La Custaglia, in corrispondenza e nell'intorno della Via Silla Lissia, dovuto ad acque provenienti da monte. In termini topografici, la ubicazione riferita per l'evento, non meglio precisata nella scheda AVI, corrisponde ad un'area a valle della confluenza di quattro linee di impluvio secondarie individuate nella unità fisiografica di interesse, già individuata come area di potenziale criticità geomorfologica e, soprattutto, idraulica (Cfr. Paragrafo 5).

## PARTE II

### VALUTAZIONE E ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA DA FRANA Hg

#### **8. Aspetti metodologici**

Le Linee Guida allegate al P.A.I. (*Linee Guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – D.L. 180 e Legge 267/1998* – di seguito denominate LINEE GUIDA) riportano l'iter metodologico per la definizione e la zonizzazione delle aree con pericolosità geomorfologica<sup>5</sup> e la conseguente redazione dell'elaborato cartografico di sintesi denominato "Carta di sintesi di pericolosità da frana Hg".

Il presente studio e la cartografia tematica a corredo fanno inoltre capo, in termini metodologici, ai seguenti riferimenti bibliografici:

- Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico. Relazione Generale.
- Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna. (Art. 37 – Comma 1 delle NTA). In particolare si fa riferimento alla *Relazione Tecnica Generale* e al *Report attività di determinazione delle aree a pericolosità da frana*.
- Progetto IFFI. Allegato 1 – Guida alla compilazione della scheda frane IFFI.
- Servizio Geologico Nazionale. Quaderni Serie III. Volume 4. Carta Geomorfologica d'Italia – 1:50000. Guida al rilevamento.

Di seguito si riportano le modalità di applicazione di detto iter metodologico nel caso specifico in studio.

#### **9. Individuazione delle aree con pericolosità da frana**

##### **9.1. Scala dell'analisi territoriale**

L'analisi territoriale volta ad individuare e zonizzare la pericolosità da frana Hg nella unità fisiografica de La Custaglia si è svolta alla scala di dettaglio 1:1.000.

Come prescritto dalle Linee Guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI, la base topografica utilizzata nell'analisi territoriale è stata ottenuta dall'unione dei fogli C.T.R. in formato vettoriale georeferenziato (Datum Roma 40).

Sono stati inoltre acquisiti i vettoriali dello strumento urbanistico in scala 1:1.000 (disponibili esclusivamente per il centro abitato di Tempio Pausania e aree immediatamente limitrofe, comprendenti parte della zona di interesse), garantendo così il raggiungimento del massimo livello di dettaglio attualmente possibile per l'area di indagine in sede di analisi topografica e morfologica.

Di estrema utilità nell'analisi dei processi morfoevolutivi si sono rivelate le immagini aeree degli anni 2006-2003-2000-1977-1954, disponibili alla visualizzazione (anche tramite servizio WMS) sul sito ufficiale della R.A.S..

Non si è tralasciata infine l'analisi di alcune Tavole IGM in scala 1:25.000 stampate in anni differenti, attraverso le quali è possibile in qualche caso ipotizzare l'originario assetto morfologico di estese aree oggi inglobate nel centro abitato.

Nella gestione dei dati vettoriali si è ricorsi alle estensioni \*.dxf e \*.shp, assai diffuse e facilmente interfacciabili con i principali software Gis e Cad, sia commerciali che *open-source*.

---

<sup>5</sup> Date le finalità del presente elaborato si prenderà in considerazione esclusivamente la pericolosità da frana.

## 9.2. Analisi dei fattori predisponenti al dissesto. Tematismi di analisi e DB cartografici

L'iter metodologico indicato dalle LINEE GUIDA prevede che una volta effettuate le valutazioni di base (principalmente di tipo topografico-morfologico, aerofotogrammetrico e storico-bibliografiche) si proceda con la compilazione di una serie di carte tematiche, di seguito enumerate e sinteticamente descritte, nelle quali sono rappresentati i fenomeni geomorfologici in atto e potenziali nell'area di studio ed i singoli fattori predisponenti alla franosità. Le LINEE GUIDA indicano le modalità con cui dette carte tematiche devono essere sovrapposte in ambiente gis (*overlay*), secondo il seguente diagramma di flusso:

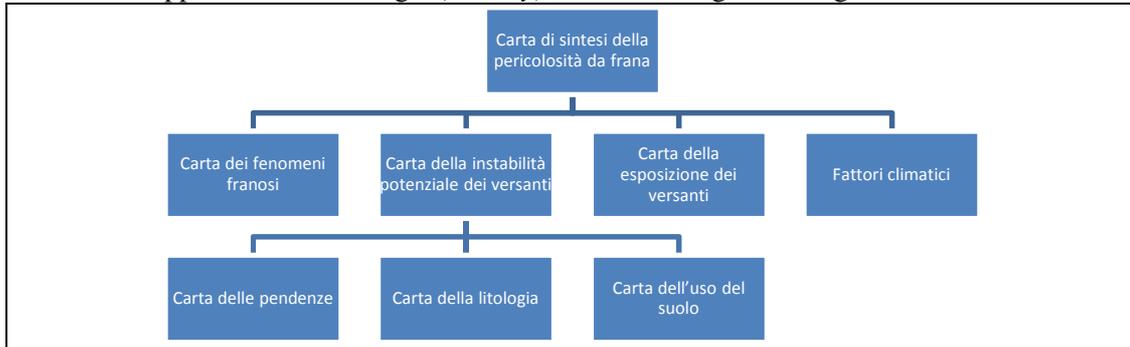


Figura 3. Schema metodologico per la redazione della Carta di Pericolosità da Frana. [Fonte: LINEE GUIDA PAI, Figura n. 8].

### 9.2.1. Carta dei fenomeni franosi

La Carta dei fenomeni franosi è una carta-inventario dei fenomeni di instabilità dei versanti, necessaria alla definizione delle zone a differente pericolosità e per la interpretazione critica dei risultati dell'overlay mapping (es.: valutazioni "a ritroso" sui punteggi impiegati per le elaborazioni in ambiente gis). Preventivamente alla sua redazione è stato effettuato un approfondito studio geologico e geomorfologico nell'area in esame (Cfr. Parte I), che ha consentito di individuare le principali tipologie del dissesto nell'unità fisiografica in studio, sia in atto che potenziali, e di individuare i principali fattori della franosità, predisponenti ed innescanti.

In sede di compilazione della Carta dei fenomeni franosi si è tra l'altro proceduto a:

- Rilevare e cartografare i dissesti e i fenomeni franosi storici (ove possibile) e quelli attualmente in atto o potenziali, distinti e descritti in base alla genesi ed allo stato di attività.
- Valutare l'evoluzione temporale e spaziale dei fenomeni censiti e rilevati mediante analisi fotointerpretativa, cartografica e sul campo.

Per la definizione dei movimenti franosi è stato impiegato quale riferimento l'Allegato A del DPCM 29\_09\_1998. La legenda di rimando, con i dovuti adattamenti, è quella proposta dal Servizio Geologico Nazionale. Di particolare utilità, inoltre, si è rivelato l'Allegato 1 – Guida alla compilazione della scheda frane IFFI.

#### 9.2.1.1. Carta dei fenomeni franosi. La Legenda.

Sulla base delle risultanze dei rilievi condotti sul terreno, su base topografica ed aerofotogrammetrica e della ricerca bibliografica, è possibile affermare che l'unità fisiografica in esame è potenzialmente soggetta a fenomeni morfodinamici di intensità tale da non determinare, salvo in casi isolati e/o eccezionali, processi di erosione accelerata o concentrata molto intensi, improvvisi e generalizzati, sia in ragione della buona qualità del substrato (inteso come roccia madre ed alterazioni autoctone), sia per gli spessori mediamente bassi delle formazioni alloctone, che per la presenza di estese aree boscate.

I dissesti potenziali rientrano principalmente nell'ambito dei movimenti franosi superficiali, che non vanno a coinvolgere in profondità il substrato granitoide. Assai poco probabile infatti è il caso che una venuta d'acqua eccezionale possa generare un incremento

dell'infiltrazione tale da peggiorare i cosiddetti parametri geotecnici della franosità nei granitoidi alterati fino ad innescare scivolamenti profondi traslazionali o rotazionali. Occorre sottolineare che non si riconoscono nell'area di studio evidenze, indizi o indicatori morfologici di deformazioni e movimenti gravitativi profondi pregressi, quiescenti, di neoformazione o incipienti.

Si riporta di seguito la legenda dell'elaborato *Carta inventario dei fenomeni franosi*, in cui sono descritti i processi morfogenetici e morfodinamici ed i fenomeni di dissesto in atto e potenziali individuati nell'unità fisiografica indagata.

**a) Area soggetta a crolli e ribaltamenti.**

Distacco per crollo, ribaltamento o scivolamento traslativo di blocchi, cunei, frammenti di roccia eterometrici. In dipendenza dall'acclività, della morfologia e della copertura vegetale del versante è poco probabile che al movimento gravitativo di distacco in senso stretto possa seguire una traiettoria di caduta libera. Prevale il moto di blocchi singoli. Zona sorgente e probabile raggio di azione dei materiali franati. Stato di attività: inattivo quiescente.

**b) Forme e prodotti di alterazione meteorica dei granitoidi: tor, duomi granitici e cataste di blocchi.**

**c) Area soggetta a fenomeni di ruscellamento diffuso.**

Area soggetta a fenomeni di ruscellamento diffuso associato a occasionale trasporto di materiale sabbioso in concomitanza a fenomeni pluviometrici di particolare intensità. Stato di attività: sospeso.

**d) Area soggetta a fenomeni di ruscellamento diffuso e, localmente, concentrato.**

Area soggetta a fenomeni di ruscellamento diffuso, localmente associato a ruscellamento concentrato in concomitanza a precipitazioni meteoriche intense, con fenomeni di dilavamento superficiale. Localmente, specialmente dove la pendenza media supera il 35%, sono possibili occasionali fenomeni di franosità diffusa, singolarmente non cartografabili, a carico della coltre colluviale o alteritica maggiormente allentata. Stato di attività: sospeso.

**e) Linea di impluvio potenzialmente soggetta a fenomeni di ruscellamento concentrato in concomitanza a precipitazioni meteoriche intense. Stato di attività: inattivo quiescente.**

### **9.2.2. Carta dell'instabilità potenziale dei versanti**

La Carta dell'instabilità potenziale dei versanti rappresenta le condizioni di franosità e di instabilità potenziale e tiene conto di alcune caratteristiche generali dei pendii ricomprese prevalentemente tra i fattori predisponenti alla franosità.

Il metodo di elaborazione della carta si fonda sulla individuazione e la quantificazione dei principali elementi o fattori che giocano un ruolo fondamentale nella propensione al dissesto dei versanti, quali la composizione litologica, l'acclività, le condizioni della copertura vegetale, l'uso del suolo, i caratteri geomorfologici, i fattori climatici, l'esposizione dei versanti etc.

I tematismi da cui ha principio l'analisi delle condizioni di instabilità potenziale consistono nei seguenti fattori, per ognuno dei quali è stata redatta la relativa carta tematica:

- pendenza dei versanti;
- litologia;
- uso del suolo.

Gli elementi dei singoli tematismi sono dapprima raggruppati in classi, per ottenere una rappresentazione aggregata del territorio. Ad ogni classe viene quindi attribuito un valore (peso) in funzione del ruolo esercitato nella produzione di un dissesto, il quale rappresenta il fondamento numerico su cui si genera la delimitazione delle aree di pericolosità potenziale da frana.

I punteggi finali ottenuti dal processo di overlay ricadono in un intervallo definito di valori, compresi tra -3 e +13, entro cui si articolano n. 5 classi di instabilità potenziale, come riportato nella seguente tabella:

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

### 9.2.2.1 Attribuzione dei pesi

#### A. Pendenza dei versanti.

La carta delle pendenze è stata ricavata dal DTM RAS con maglia 10 metri.

La pendenza dei versanti costituisce un importante fattore predisponente nei fenomeni gravitativi. Le pendenze sono suddivise in cinque classi cui si attribuiscono i seguenti pesi, come da LINEE GUIDA:

Pesi delle diverse classi di pendenza	
Classi di pendenza	Peso
0 - 10 %	2
11 - 20 %	1
21 - 35 %	0
36 - 50 %	-1
> 50 %	-2

#### B. Litologia

In sede di analisi territoriale e di overlay mapping si è stabilito di impiegare la Carta geologica della Sardegna<sup>6</sup>, realizzata in formato geodatabase a partire dai dati "Ricerche Minerarie di Base, 1980-1999; Progetto CARG, 1993-2008", verificata sul campo alla scala del redigendo strumento urbanistico.

Il fattore litologia non tiene conto unicamente della natura dei terreni e delle rocce in affioramento, ma anche dell'insieme delle loro caratteristiche fisico-meccaniche, geotecniche e lito-stratigrafiche (es.: potenza, compattezza, grado di alterazione, stratificazione, scistosità, coesione, angolo di attrito interno etc.). Nell'attribuire il peso alla litologia, pertanto, si è tenuto conto per ciascun litotipo, oltre che della bibliografia tecnica disponibile, di una serie di fattori necessari per conferire al presente studio il grado di approfondimento richiesto e direttamente riferibili alla conoscenza e all'esperienza diretta della scrivente (procedura prevista dalle LINEE GUIDA).

Le LINEE GUIDA riportano che la scala dei valori da applicare alla litologia va da 1 a 10, dove i valori più alti corrispondono ai termini litologici più resistenti, compatti, poco alterati, mentre quelli più bassi ai termini più fragili e sciolti.

La tabella di *Attribuzione dei pesi alle classi litologiche*, fornita a titolo di esempio e basata su condizioni generiche individuabili nel territorio sardo, non riporta descrizioni di tipi litologici sufficientemente aderenti alla situazione specifica rilevata sul campo nel corso dei rilievi eseguiti per il presente studio.

A titolo di esempio si riporta il caso delle voci di legenda riferite ai litotipi granitoidi, le quali descrivono le due seguenti situazioni estreme:

<sup>6</sup> [Geoportale regione sardegna. **Titolo:** Carta geologica - Elementi areali; **Descrizione:** Rappresentazione poligonale delle unità geologiche. **Autore:** Regione Autonoma della Sardegna + **Titolo:** Carta geologica - Elementi lineari. **Descrizione:** Rappresentazione dei lineamenti strutturali ed in particolare faglie e sovrascorrimenti. **Tipo di risorsa:** Mappa digitale. **Editore:** Regione Autonoma della Sardegna. **Tema (soggetto)** Ambiente, Informazioni geo-scientifiche, Pianificazione e catasto. **Estensione geografica** Inter territorio regionale. longitudine ovest: 8.15; longitudine est: 9.84; latitudine sud: 38.86; latitudine nord: 41.31. **Formato** SHP. **Identificatore** R\_SARDEG:XBREJ. **Fonte** Il dato è stato ottenuto tramite estrazione degli elementi areali dalla carta geologica della Sardegna, realizzata in formato geodatabase. A partire dai dati "Ricerche Minerarie di Base, 1980-1999; Progetto CARG, 1993-2008" è stata operata la revisione (soprattutto nelle aree più sensibili quali zone costiere, piane alluvionali), la mosaicatura e l'informatizzazione dei dati, compreso il passaggio dalla originaria base IGMI alla nuova base CTR - GDB-10k. **Relazioni** R\_SARDEG:BKYGN. **Diritti** Altri vincoli - Dato pubblico (cfr. art. 1 Codice Amministrazione Digitale).

Attribuzione dei pesi alle classi litologiche		
Classe	Descrizione	Peso
24	graniti, granodioriti alterati con potenti coperture di sabbioni arcoscici	2
25	graniti, granodioriti massicci privi di copertura e alterazione	9

È evidente che vengono a mancare le voci descrittive di tutte quelle situazioni intermedie, ampiamente rappresentate nell'area oggetto di studio, per le quali risulterebbe una forzatura l'inserimento nell'una o nell'altra classe. In particolare, mentre la voce di legenda n. 25 è effettivamente rappresentata nel territorio in studio così come descritta in tabella, non si osservano invece potenti coperture di sabbioni arcoscici (voce di legenda n. 24), ma piuttosto coltri di roccia granitoidale da moderatamente fino a leggermente alterata, che lasciano rapidamente il passo a granitoidi sub-litoidi e francamente litoidi, senza una precisa soluzione di continuità. In questa sequenza-tipo il sabbione arcoscico propriamente detto può presentare spessori medi centimetrici.

Dalla consultazione dell'elaborato *Relazione Tecnica Generale* dello "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna", ed in particolare del Paragrafo 2.1.1., della *Tabella 1\_Classi litologiche e attribuzione dei relativi pesi* e dell'Allegato n. 1 (*Attribuzione della classe litologica alle formazioni individuate nella Carta Geologica Regionale*), emerge che per i litotipi intrusivi affioranti nell'unità fisiografica in esame è stato impiegato il punteggio 9 (Classe 25), fatta eccezione per le brecce intrusive (brecce magmatiche), per le quali è stata definita una classe *ex novo* (Classe 30), cui è attribuito punteggio 6.

Anche in questo caso, pertanto, i punteggi da impiegare nell'overlay mapping per il fattore "litologia" non paiono adeguati alla situazione riscontrata *in situ*.

Al fine di giungere, quindi, alla assegnazione di un peso da attribuire ai litotipi intrusivi granitoidi confacente alla situazione realmente riscontrata sul campo ed in grado di far emergere eventuali criticità nell'unità fisiografica indagata, si è partiti dai seguenti presupposti:

1) per il caso in esame le formazioni alloctone (colluvio e detrito di versante) non possono considerarsi unità cartografabili singolarmente alla scala di indagine visti gli spessori estremamente limitati, ma allo stesso tempo è fondamentale tenere conto della loro esistenza in sede di valutazione della stabilità del versante; di particolare rilevanza i depositi poggianti sulle tonaliti, che costituiscono il corpo del pendio, in quanto la loro presenza si associa a valori di acclività medio-elevati (20-35%)

2) litotipi granitoidi sono stati fatti oggetto di una approfondita analisi volta ad individuare il punteggio da attribuire in fase di overlay mapping per la applicazione della metodologia proposta dalle Linee Guida PAI nell'ambito dello studio denominato "*Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico nei sub-bacini Posada-Cedrino e Sud Orientale. Piano di coordinamento degli interventi necessari al riassetto idrogeologico nelle aree colpite dagli eventi alluvionali*". Sub-Bacino Posada-Cedrino", condotto dal CINSA alla scala 1:10.000.

In riferimento allo studio CINSA, occorre precisare che i punteggi attribuiti ai litotipi granitoidi tengono conto del grado e della profondità di alterazione, della resistenza della roccia sana, della permeabilità, e di un insieme di fattori che influenzano nel litotipo la suscettività franosa.

A titolo di esempio si riportano di seguito alcune Tabelle "*Formazioni litologiche e relativi pesi*" (Rif. *Elaborato B5\_4\_Relazione di analisi geologica e geotecnica*, pag. 65. Cfr. Tabella 4), in cui compaiono leucograniti, tonaliti, monzograniti, granodioriti, rocce filoniane.

	Filoni di porfidi e ammassi di micrograniti	Principali corpi filoniani	Leucograniti	Monzograniti	Granodioriti		Granitoidi	Migmatiti, nebuliti, gneiss
	pesi	pesi	pesi	pesi	pesi		Pesi	Pesi
Stazione						Stazione		
grado alterazione						grado alterazione		
profondità alterazione						profondità alterazione		
spaziatura discontinuità						spaziatura discontinuità		
giacitura discontinuità						giacitura discontinuità		
resistenza roccia sana						resistenza roccia sana		
grado cementazione						grado cementazione		
spessore detrito						spessore detrito		
compattezza						compattezza		
permeabilità						permeabilità		
Somma pesi						Somma pesi		
Peso						Peso		
Pesi PAI	6.5	6.1	6.1	6.1	6.1	Pesi PAI	6.1	5

Figura 4. Tabella “Formazioni litologiche e relativi pesi”. Comune di Alà dei Sardi, pagg. 8-9.

Formazioni litologiche e relativi pesi

	Metarenarie	Filoni basici	Filoni acidi	Granodioriti T.			Tonaliti			Monzograniti			Granodioriti	Granitoidi	Metarenarie
	Peso	Peso	Peso	Pesi			Peso			Peso			Peso	Peso	Peso
Stazione				1	2	3	4	8	5	6	7				
grado alterazione					3	4		4	4	4					
profondità alterazione					3	4		4	2	4					
spaziatura discontinuità					2	3		4	3	3					
giacitura discontinuità					3	2		3	3	3					
resistenza roccia sana					3	4		4	3	3					
permeabilità				3	3	1	3	2	2	2	3				
grado cementazione				3			3				3				
spessore detrito				2			3				2				
compattezza				3			2				3				
Somma pesi				11	17	18	11	21	17	19	11				
Pesi PAI	4	7	8	5,8			6,6			6,1			7	7	4

Figura 5. Tabella “Formazioni litologiche e relativi pesi”. Comune di Nuoro, pag. 65.

Dalla consultazione dell’elaborato CINSA sopra citato (*Elaborato B5\_4\_Relazione di analisi geologica e geotecnica*), emerge che per i litotipi granitoidi il punteggio medio attribuito è pari a 6, considerando che questi possono presentare una certa variabilità nel grado di alterazione in affioramento.

Pertanto, considerato anche che lo studio CINSA è stato svolto sul territorio regionale, anche per il caso di specie si è ritenuto adeguato adottare come punteggio per i litotipi di seguito riportati, affioranti nella unità fisiografica de La Custaglia, un valore pari a 6:

- Leucograniti. Facies Monte S. Giorgio, Subunità intrusiva di Monte Limbara.
  - Monzograniti inequigranulari. Facies Punta LoviaAvra. Subunità intrusiva di Catala.
- Per quanto riguarda invece le tonaliti (Facies Rinaggio, Subunità intrusiva di Catala), considerata la loro posizione topografica e la presenza lungo il versante di coperture alloctone seppure di limitata potenza, si è stabilito di adottare un punteggio inferiore, pari a 5, così da non trascurare in fase di overlay una seppur lievemente maggiore tendenza alla franosità.

Un punteggio inferiore a 5 , attribuito dalle LINEE GUIDA PAI a litotipi quali marne e micascisti, non pare adeguato a descrivere la situazione rilevata sul campo, ed andrebbe senz'altro a falsare il risultato dell'overlay mapping.

Per la stessa ragione anche il punteggio 9, raccomandato dalle LINEE GUIDA per roccia granitoide in facies litoide, non è stato impiegato in nessun caso.

### B.1. Tabella di Attribuzione dei pesi alle classi litologiche

Sulla base di quanto sopra riportato è stata predisposta la seguente Tabella di *Attribuzione dei pesi alle classi litologiche*, riferita alla unità fisiografica di La Custaglia:

Classe	Descrizione sintetica litotipi	Peso
1	<b>Leucograniti.</b> Facies Monte S. Giorgio, Subunità intrusiva di Monte Limbara.	6
2	<b>Tonaliti.</b> Facies Rinaggio, Subunità intrusiva di Catala.	5
3	<b>Monzograniti inequigranulari.</b> Facies Punta LoviaAvra. Subunità intrusiva di Catala.	6
4	<b>Breccie magmatiche.</b> Facies Rio Pedralza. Subunità intrusiva di Catala.	6*
5	<b>Filoni basaltici</b>	7*

\*Punteggio come da Tabella 1\_Classi litologiche e attribuzione dei relativi pesi, Relazione Tecnica Generale dello “Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l’Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna”.

### C. Uso del suolo

La copertura vegetale costituisce una protezione della superficie del terreno dall'azione degli agenti atmosferici ed opera un'azione di consolidamento esercitata dall'apparato radicale. Un bosco ad alto fusto come quello che si trova nella unità fisiografica di interesse rappresenta senz'altro un impedimento al dissesto idrogeologico (massima impedenza), mentre un terreno lavorato stagionalmente, arato con sistemazione ad esempio a “rittochino” è uno scarso impedimento all'erosione e all'instabilità del pendio (impedenza minima o nulla).

In sede di analisi territoriale e di overlay mapping si è stabilito di impiegare la Carta dell'Uso del Suolo della R.A.S.<sup>7</sup>, cui è seguito il confronto con la Carta dell'Uso del Suolo redatta in occasione dell'adeguamento del PUC al PPR, verificata sul campo alla scala dello strumento urbanistico.

Per l'attribuzione dei pesi alle diverse classi di uso del suolo si è fatto riferimento alle seguenti fonti bibliografiche:

- Elaborato *Relazione Tecnica Generale* dello “Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n. 3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l’Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna”, Tabella n. 3, Paragrafo 2.1.3., pagg. 7-8). (Cfr. Tabella n. 5).

<sup>7</sup>**Titolo:** Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 (elementi poligonali) - 2008. **Descrizione:** Elementi poligonali della Carta dell'Uso del Suolo del 2008. I poligonali rappresentano elementi dell'uso del suolo con larghezza superiore ai 25 m. Il dato è stato realizzato in seguito all'aggiornamento della carta relativa all'uso del suolo realizzata nel 2003. **Autore:** Regione Autonoma della Sardegna. **Tipo di risorsa:** Mappa digitale, Tabella digitale. **Editore:** Regione Autonoma della Sardegna. **Tema (soggetto)** Agricoltura, Ambiente, Acque Interne, Pianificazione e catasto. **Estensione geografica:** Intero territorio regionale, longitudine ovest: 8.15; longitudine est: 9.84; latitudine sud: 38.86; latitudine nord: 41.31. **Formato:** SHP **Identificatore:** R\_SARDEG:FYHFN. **Fonte:** Estrazione degli elementi poligonali della carta dell'Uso del Suolo 2008. Il dato è basato sul dato della carta dell'uso del suolo del 2003. Il dato aggiornato è stato acquisito o da banche dati vettoriali reperite o per fotointerpretazione, tramite digitalizzazione a video, sulla base di ortofoto 2004, AGEA 2003 e Ikonos. Ogni entità, è stata elaborata in formato ESRI shapefile, e successivamente esportata in formato E00 di ArcInfo. Inoltre, per l'attribuzione della classificazione degli oggetti secondo la legenda definita per la Carta dell'Uso del Suolo del 2003, sono stati utilizzati vari materiali ausiliari ed eseguiti sopralluoghi su 4000 punti distribuiti sul territorio. La legenda degli strati tematici in oggetto è stata definita per la Carta dell'uso del Suolo 2003, questa deriva dalla legenda Corine Land Cover dettagliata al quarto e quinto livello rispetto alla realtà territoriale della regione Sardegna. **Relazioni:** R\_SARDEG:XLLBY. **Diritti:** Altri vincoli - Proprietà intellettuale dei dati.

– Linee Guida per l'individuazione e perimetrazione delle aree e rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (D.L. 180 e Legge 267/1998). Tabella "Classi di uso del suolo secondo il CORINE - Land Cover. (Cfr. Tabella n. 6).

In caso di discordanza tra punteggi, è stato attribuito alla classe di interesse quello riportato in Tabella 5, definito per il Bacino Regionale n. 3.

**Tabella 1**

<b>Sigla</b>	<b>Classe uso del suolo III livello Corine Land Cover</b>	<b>Impedenza</b>	<b>Peso</b>
111	Tessuto urbano continuo	mediocre	0
112	Tessuto urbano discontinuo	mediocre	0
121	Aree industriali e commerciali mediocri	mediocre	0
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	minima	-1
123	Aree portuali	mediocre	0
124	Aeroporti	mediocre	0
131	Aree estrattive	nulla	-2
132	Discariche e depositi di rottami	nulla	-2
133	Aree in costruzione	nulla	-2
141	Aree verdi urbane	buona	1
142	Aree ricreative sportive e archeologiche	mediocre	0
143	Cimiteri	mediocre	0
211	Seminativi in aree non irrigue	nulla	-2
212	Seminativi in aree irrigue	mediocre	0
221	Vigneti	nulla	-2
222	Frutteti	mediocre	0
223	Oliveti	minima	-1
231	Prati stabili	mediocre	0
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	minima	-1
242	Sistemi colturali particellari complessi	minima	-1
243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie	nulla	-2
244	Aree agroforestali	minima	-1
311	Boschi di latifoglie	massima	2
312	Boschi di conifere	massima	2
313	Boschi misti	massima	2
321	Aree a pascolo naturale e prateria d'alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	1
323	Aree a vegetazione sclerofilla	mediocre	0
324	Aree 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
421	Paludi salmastre	nulla	-2
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	nulla	-2
512	Bacini d'acqua	nulla	-2
521	Lagune, laghi e stagni costieri	nulla	-2
522	Estuari e delta	nulla	-2
523	Mari	nulla	-2

Tabella 2

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	Aeroporti	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 d' alta quota	mediocre	0
322	Brughiere e cespuglieti	buona	1
324	Aree 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

### 9.2.3. Ulteriori tematismi di verifica

Ulteriori tematismi di verifica possono rivelarsi utili nei casi di aree in cui esista un dubbio di attribuzione del grado di pericolosità in una certa area. Tra questi alcuni dei maggiormente significativi sono:

1. Esposizione dei versanti, che influisce sui processi di trasformazione e sui processi geomorfologici.
2. Aree attraversate da incendio. Dai dati resi disponibili sul geoportale della R.A.S. (anni 2005-2006-2007-2008-2009-2010-2012-2013), non risultano nella unità fisiografica di interesse aree attraversate da incendio.
3. Fattori climatici. Le variazioni climatiche, gli effetti della temperatura combinata alle precipitazioni, provocano il degrado e il disfacimento delle rocce e la conseguente produzione di detriti sciolti e instabili. In relazione a questo aspetto, le LINEE GUIDA indicano la piovosità media annua come fattore predisponente al dissesto, secondo la seguente Tabella:

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>

## 10. La Carta di sintesi della Pericolosità da Frana

La *Carta di sintesi della pericolosità da frana Hg* deriva dalla verifica e dall'incrocio dei risultati dell'analisi geologica e geomorfologica di terreno e dell'analisi delle condizioni di potenziale instabilità (Carta dell'instabilità potenziale dei versanti).

La Carta di sintesi di pericolosità da frana rappresenta la condizione di pericolosità geomorfologica, indicata attraverso il parametro Hg, secondo quattro livelli indicati nella seguente tabella, a ciascuno dei quali si è attribuito un "peso" su base puramente empirica:

<i>Pericolosità</i>		
<i>Classe</i>	<i>Intensità</i>	<i>Peso</i>
<i>Hq1</i>	<i>Moderata</i>	<i>0,25</i>
<i>Hq2</i>	<i>Media</i>	<i>0,5</i>
<i>Hq3</i>	<i>Elevata</i>	<i>0,75</i>
<i>Hq4</i>	<i>Molto elevata</i>	<i>1</i>

L'attribuzione del livello (ovvero del peso) di pericolosità ad una data area deriva 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:

- a. prevalenza di classe di instabilità potenziale;
- b. presenza di indizi geomorfologici;
- c. presenza di fenomeni di dissesto in atto e di indizi di movimento;
- d. presenza di fattori tettonici predisponenti;
- e. presenza di copertura boschiva;
- f. presenza di fattori altimetrici;
- g. orientazione del versante.

Per ciascuna classe di pericolosità  $H_g$  sia le LINEE GUIDA che la RELAZIONE GENERALE del PAI forniscono delle specifiche e delle descrizioni di dettaglio in forma di elenchi e di tabelle<sup>8</sup>, al fine di ottenere una omogenea ripartizione in classi di pericolosità, di seguito riportate.

---

<sup>8</sup> Fonti: Specifica di dettaglio riportata alle Pagg. 28-29-30 delle LINEE GUIDA del PAI, Tabella n. 5 LINEE GUIDA del PAI, Tabella n. XI RELAZIONE GENERALE del PAI.

Classe	Intensità	Valore	Descrizione
H <sub>g0</sub>	Nulla	0	Aree non soggette a fenomeni franosi con pericolosità assente e con pendenze < 20 %.
H <sub>g1</sub>	Moderata	≤ 0,25	I fenomeni franosi presenti o potenziali sono marginali. Classi di instabilità potenziale limitata o assente (classe 2 e classe 1). Presenza di copertura boschiva. Esposizione prevalente dei versanti: Nord.
H <sub>g2</sub>	Media	≤ 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. 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.
H <sub>g3</sub>	Elevata	≤ 0,75	Zone in cui sono presenti frane quiescenti per la cui riattivazione ci si aspettano presumibilmente tempi pluriennali o pluridecennali. Zone di possibile espansione areale delle frane attualmente quiescenti. Zone in cui sono presenti indizi geomorfologici di instabilità dei versanti e in cui si possono verificare frane di neoformazione presumibilmente in un intervallo di tempo pluriennale o pluridecennale. 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. Fenomeni di dilavamento diffuso e concentrato.
H <sub>g4</sub>	Molto elevata	≤ 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. 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. Canaloni in roccia (e non) con scarico di detrito. 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. Crolli e fenomeni di instabilità lungo l'intaglio stradale.

## **11. Conclusioni**

Nell'ambito della procedura di adeguamento del redigendo *Piano Urbanistico Comunale* al *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico* e al *Piano Paesaggistico Regionale*, l'Amm.ne Com.le di Tempio Pausania ha conferito alla sottoscritta dott.ssa geol. Teresa Cossu (che si è avvalsa della collaborazione del Dott. Geol. Michele A. Ena) l'incarico di redigere lo Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica (ai sensi dell'Art. 8 – Comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI), che prevede, prima ancora della valutazione di compatibilità con le previsioni del PUC, la valutazione, verifica e zonizzazione della pericolosità da frana Hg nel territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico.

Per volontà dell'Amm.ne Comunale di Tempio, l'attività di analisi e zonizzazione della pericolosità da frana Hg ha avuto inizio dalla località prossima al centro abitato denominata La Custaglia.

Il presente *Elaborato 1\_Relazione di analisi geologica e geomorfologica* e le tavole allegate rappresentano il primo stralcio dello *Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica* in adeguamento del PUC al PAI (*Stralcio n. 1\_Studio di dettaglio della pericolosità da frana Hg della Loc. La Custaglia*), e riportano i risultati dell'analisi geologica e geomorfologica svolta nell'unità fisiografica di interesse, denominata *Unità Fisiografica La Custaglia*, nonché l'iter metodologico adottato per giungere alla definizione delle perimetrazioni delle aree con pericolosità da frana Hg (Cfr. *Tavola 6\_Carta di sintesi di pericolosità da frana Hg*).

Nuoro, lì 8 ottobre 2014

Dott. Geol. Teresa Cossu

\_\_\_\_\_