



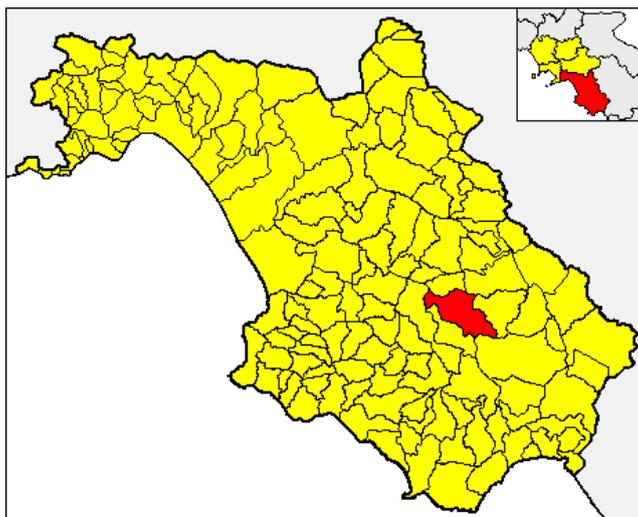
**COMUNE DI PIAGGINE**  
(Provincia di Salerno)



*PUC – PIANO URBANISTICO COMUNALE*  
*L.R. 16/04 e L.R. 9/83*

**STUDIO GEOLOGICO - TECNICO**

**RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE**



**Il Tecnico**

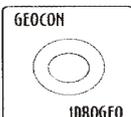
Dott. Geol. Giuseppe Pagnotto

**Collaboratore**

Dott. Geol. Antonio Pagnotto

**Il Sindaco**

Avv. Guglielmo Vairo



**PERIZIE  
ACUSTICHE**  
Legge 626/94  
D.L. vo 277/91

**GEOCON - IDROGEO**

Studio di Consulenza geologica, geotecnica  
idrogeologica e di geologia ambientale  
INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU E DI LABORATORIO

**PERIZIE E MISURE DI INQUINAMENTO ACUSTICO**

Viale S. Martino, 39 - 84055 Felitto (Sa)  
Tel. e Fax 0828 / 945071  
[http://www.pagine\\_gialle.it/pageconit](http://www.pagine_gialle.it/pageconit)

**Dott. GIUSEPPE PAGNOTTO** geologo  
**Dott. ANTONIO PAGNOTTO** geologo

## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>5</b>
<b>3. INDAGINI ESEGUITE.....</b>	<b>6</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO.....</b>	<b>6</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>9</b>
<b>6. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI.....</b>	<b>11</b>
<b>7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....</b>	<b>26</b>
<b>8. I GEOSITI.....</b>	<b>30</b>
<b>9. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE.....</b>	<b>32</b>
<b>9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....</b>	<b>35</b>
9.1 CARTA IDROGEOLOGICA.....	37
<b>10. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' A FRANARE NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA).....</b>	<b>39</b>
10.1 METODI PRESENTI IN LETTERATURA.....	39
10.2 METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' A FRANARE NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA).....	41
10.3 APPLICAZIONE DEL METODO NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)....	42
10.3.1 CARTA GEOLITOLOGICA.....	42
10.3.2. CARTA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI.....	45
10.3.3. CARTA DELLA GIACITURA DEGLI STRATI.....	47
10.3.4. CARTA DELL'USO DEL SUOLO.....	51
10.3.5. CARTA DELLA STABILITA' FINALE DEI VERSANTI.....	53
10.3.6. CARTA GEOMORFOLOGICA.....	54
10.3.7. CONDIZIONI CLIMATICHE ED ESPOSIZIONE DEI VERSANTI.....	56
<b>11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA STABILITA' DEI TERRENI COMPRESI NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA).....</b>	<b>59</b>
<b>12. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DISTRETTO APPENNINO MERIDIONALE (EX AdB INTERREGIONALE FIUME SELE).....</b>	<b>61</b>
<b>13. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE.....</b>	<b>66</b>
13.1 METODO DEL GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI).....	66
13.1.1 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SUBSTRATO.....	69
13.1.2 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DELLA COLTRE ELUVIO - COLLUVIALE.....	70
<b>14. ACCORGIMENTI E RACCOMANDAZIONI PER L'UTILIZZAZIONE URBANISTICA DEI LITOTIPI DEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA).....</b>	<b>71</b>
<b>15. AREE INEDIFICABILI.....</b>	<b>71</b>
<b>16. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>72</b>
16.1 SISMICITA' STORICA E MACROSISMICA.....	72
16.2 ZONA SISMOGENETICA.....	75
16.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI.....	78
16.4 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	79
<b>17. FRANOSITA' SISMOINDOTTA.....</b>	<b>85</b>
<b>18. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....</b>	<b>88</b>
<b>19. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....</b>	<b>89</b>
<i>Bibliografia.....</i>	<i>92</i>



**Indice delle Figure**

Figura 1 - Hillshade (ombreggiatura) del territorio comunale .....	7
Figura 2 - Vista 3D del territorio comunale .....	8
Figura 3 - Carta geologica schematica dell'Appennino Meridionale (Vitale et al., 2018).....	9
Figura 4 - Stralcio carta geologica regionale Foglio 504 – Sala Consilina .....	11
Figura 5 – Distribuzione percentuale dei movimenti in massa rispetto all'intero territorio comunale .....	27
Figura 6 – Rappresentazione 3D del territorio con overlay dei movimenti in massa (in rosso).....	29
Figura 7 – Scheda dei geositi principali del M.Te Cervati.....	30
Figura 8 – Ubicazione dei geositi sulla tavoletta topografica IGM scala 1:25000.....	31
Figura 9 – Reticolo idrografico del bacino del Fiume Calore secondo .....	33
Figura 10 – Reticolo idrografico del bacino del V.ne Lanternina secondo .....	34
Figura 11 – Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale scala 1:250.000.....	35
Figura 12 – Metodologie per la valutazione spaziale della pericolosità da frana.....	39
Figura 13 – Diagramma di flusso utilizzato per la redazione della carta della stabilità .....	41
Figura 14 – Stralcio Carta Geolitologica con indicazione dei pesi utilizzati .....	44
Figura 15 – Distribuzione areale dei litotipi.....	44
Figura 16 – Stralcio Carta della Pendenza dei Versanti .....	46
Figura 17 – Distribuzione areale delle classi di pendenza.....	46
Figura 18 – Schema riassuntivo proposto nell'articolo di Clerici A. ....	47
Figura 19 – Stralcio elaborato angolo $\alpha$ (immersione degli strati – orientazione dei versanti).....	48
Figura 20 – Stralcio elaborato angolo $\gamma$ (inclinazione degli strati – inclinazione dei versanti).....	49
Figura 21 – Stralcio della Carta della giacitura degli strati rispetto al versante .....	50
Figura 22 – Stralcio dell'impedenza ottenuta assegnando i pesi indicati in tabella 6 .....	52
Figura 23 – Stralcio della Carta della stabilità dei versanti ottenuta sommando gli elaborati relativi ai fattori dell'instabilità. Le cinque classi di stabilità sono state definite secondo i criteri indicati in tabella 7 .....	53
Figura 24 – Distribuzione areale delle classi di instabilità nel territorio comunale di Piaggine (Sa).....	54
Figura 25 – Stralcio della Carta geomorfologica del territorio di Piaggine (Sa).....	54
Figura 26 – Forme presenti sul territorio comunale di Piaggine .....	55
Figura 27 – Precipitazioni medie mensili per la stazione pluviometrica di Piaggine, calcolate su un totale di 46 anni di osservazioni, dal 1953 al 1999. Sono stati esclusi 14 anni per mancanza di dati. Fonte: Annali Idrologici. ....	57
Figura 28 – Stralcio della Carta dell'esposizione dei versanti .....	58
Figura 29 – Disposizione areale delle classi di esposizione dei versanti .....	58



Figura 30 – stralcio carta della pericolosità da frana del centro urbano di Piaggine (Sa) .....	62
Figura 31 – stralcio carta del rischio da frana del centro urbano di Piaggine (Sa).....	62
Figura 32 – carta della pericolosità da frana dell'intero territorio comunale di Piaggine (Sa).....	63
Figura 33 – carta del rischio frana dell'intero territorio comunale.....	64
Figura 34 – Distribuzione areale delle classi di pericolosità PSAI sul territorio comunale .....	64
Figura 35 – Distribuzione areale delle classi di rischio del PSAI sul territorio comunale .....	65
Figura 36 – Geological Strenght Index per rocce fratturate .....	66
Figura 37 – Geological Strenght Index per rocce flyschoidi.....	67
Figura 38 - Storia sismica di Piaggine (Sa).....	73
Figura 39 - Sismicità storica: terremoto del 16/12/1857 con epicentro in Basilicata (Mw = 7.12) .....	74
Figura 40 - Zonazione sismogenetica ZS9 .....	75
Figura 41 – Zonazione Sismogenetica dell'Appennino Meridionale (INGV, 2004). .....	76
Figura 42 – Rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source – Sorgenti sismogenetiche composite) e delle Individual Seismogenic Source (Sorgente individuale) con indicazione della distanza (linea gialla) dell'area in esame (polilinea blu) dalle sorgenti simogenetiche (fonte: DISS3.2.0 a cura dell'INGV).....	77
Figura 43 – Distanza del sito dalla faglia attiva e capace di Monte Forloso .....	78
Figura 44 – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale.....	80
Figura 45 – Mappa della pericolosità sismica della Regione Campania espressa in termini .....	81
Figura 46 – Mappa della pericolosità sismica dell'area in esame .....	82
Figura 47 - Mappa della pericolosità sismica dell'area in esame.....	82
Figura 48 - Mappa della pericolosità sismica dell'area in esame.....	83
Figura 49 – Nodi della griglia di calcolo della pericolosità sismica con passo 0.02° nell'intorno del Comune di Piaggine. Per ogni nodo è indicato il valore di $a_{gmax}$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di 50mo percentile. Fonte: <a href="http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni/download.php">http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni/download.php</a> . .....	83
Figura 50 - Curve di Keefer M – D per l'innesco di diverse tipologie di movimenti franosi. La linea tratteggiata rappresenta il limite di innesco per i crolli , scivolamenti in roccia e valanghe di roccia. ....	85
Figura 51 – Calcolo fattore topografico per un rilievo.....	91

**Indice delle Tabelle**

Tabella 1 - Tipologie e stati di attività dei movimenti di massa presenti sul territorio comunale.....	26
Tabella 2 – Geositi presenti nel territorio comunale di Piaggine .....	31
Tabella 3 – Coperture detritiche e unità litostratigrafiche presenti nel territorio comunale di Piaggine.....	43
Tabella 4 – Classi di pendenza dei versanti e relativi pesi .....	45
Tabella 5 – Pesì assegnati alle varie condizioni di giacitura degli strati rispetto al versante, definite dalle combinazione dei parametri $\alpha$ , angolo tra l’immersione degli strati e l’orientazione dei versanti; $\beta$ , inclinazione degli strati; e $\gamma$ , differenza tra inclinazione degli strati e pendenza del versante. I pesì sono stati utilizzati per la realizzazione della Carta della giacitura degli strati rispetto al versante, riportata in figura 19 .....	50
Tabella 6 – Tipi di utilizzo del suolo presenti nel territorio comunale di Piaggine.....	51
Tabella 7 – Suddivisione dei pesì derivanti dalla somma dei fattori dell’instabilità.....	53
Tabella 8 – Classi di aggressività climatica proposte da Scrinzi et al. (2006) .....	56
Tabella 9 – Parametri di resistenza dell’ammasso roccioso .....	69
Tabella 10 – Riepilogo degli intervalli di accelerazione massime al suolo.....	84
Tabella 11 – Coppie M-D per i punti rappresentativi considerati .....	86



## **1. PREMESSA**

---

Il Comune di Piaggine (Sa), con determina di incarico n. 110 del 30/10/2020 e successiva convenzione del 21/01/2021 ha conferito allo scrivente l'incarico per la stesura della relazione geologica prevista dalle L.R. n.9/83 e 16/04 per la redazione del P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale).

Considerate le caratteristiche morfologiche del territorio comunale, in massima parte montuoso e in minima parte pianeggiante, si ritiene necessaria, per l'utilizzazione urbanistica dello stesso, soprattutto la conoscenza della vocazione all'instabilità dei versanti. A tale scopo, adottando la metodologia appresso descritta, i sottoscritti hanno realizzato la carta della stabilità dei versanti in scala 1/15000 per tutte le aree del territorio comunale.

Lo studio geologico preliminare è composto dai seguenti elaborati:

### **A) elaborati cartografici in scala 1/15000:**

- Tav. 1 - Carta Geolitologica;
- Tav. 2 - Carta della Pendenza dei Versanti;
- Tav. 3 - Carta della Stabilità dei Versanti
- Tav. 4 - Carta Idrogeologica;
- Tav. 5 - Carta Geomorfologica;

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

---

- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche sulle costruzioni e s.m.i.
- N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008 e s.m.i.);
- L.R. n° 16/04 (Legge urbanistica);
- O.P.C.M. N°3274 del 20/03/2003 e s.m.i;
- L.R.n.9 del 07/01/83;



### 3. INDAGINI ESEGUITE

Lo studio, in questa fase preliminare, è stato impostato nel seguente modo:

- o Consultazione cartografia tecnica ufficiale disponibile (carte geologiche, foto aeree anche di anni diversi, carte topografiche....)
- o Rilevamento geologico, geomorfologico e geomeccanico di superficie;
- o Acquisizione e consultazione, da fonti bibliografiche, dei dati geologici, litotecnici, geomorfologici e idrogeologici;

### 4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO

Il territorio di Piaggine (Sa) è compreso nel foglio 504 della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M., sez. IV, Laurino in scala 1:25000 e nei seguenti quadranti della Carta Tecnica Numerica Regionale in scala 1:5000:

- 504012
- 504013
- 504014
- 504022
- 504023
- 504051
- 504052
- 504054
- 504061
- 504062
- 504063
- 504064
- 504101
- 504104



E' montuoso per il 92 %, collinare per l' 8 %. I versanti espongono in prevalenza verso N, SW e NE ed in subordine verso E, S, O, NO, SE. Gli spartiacque principali coincidono con l'asse montuoso di Monte Cervati (direzione S-SE-NW), di Monte Cerasulo (direzione SE-NW) e di Monte Motola (direzione SE-NW).

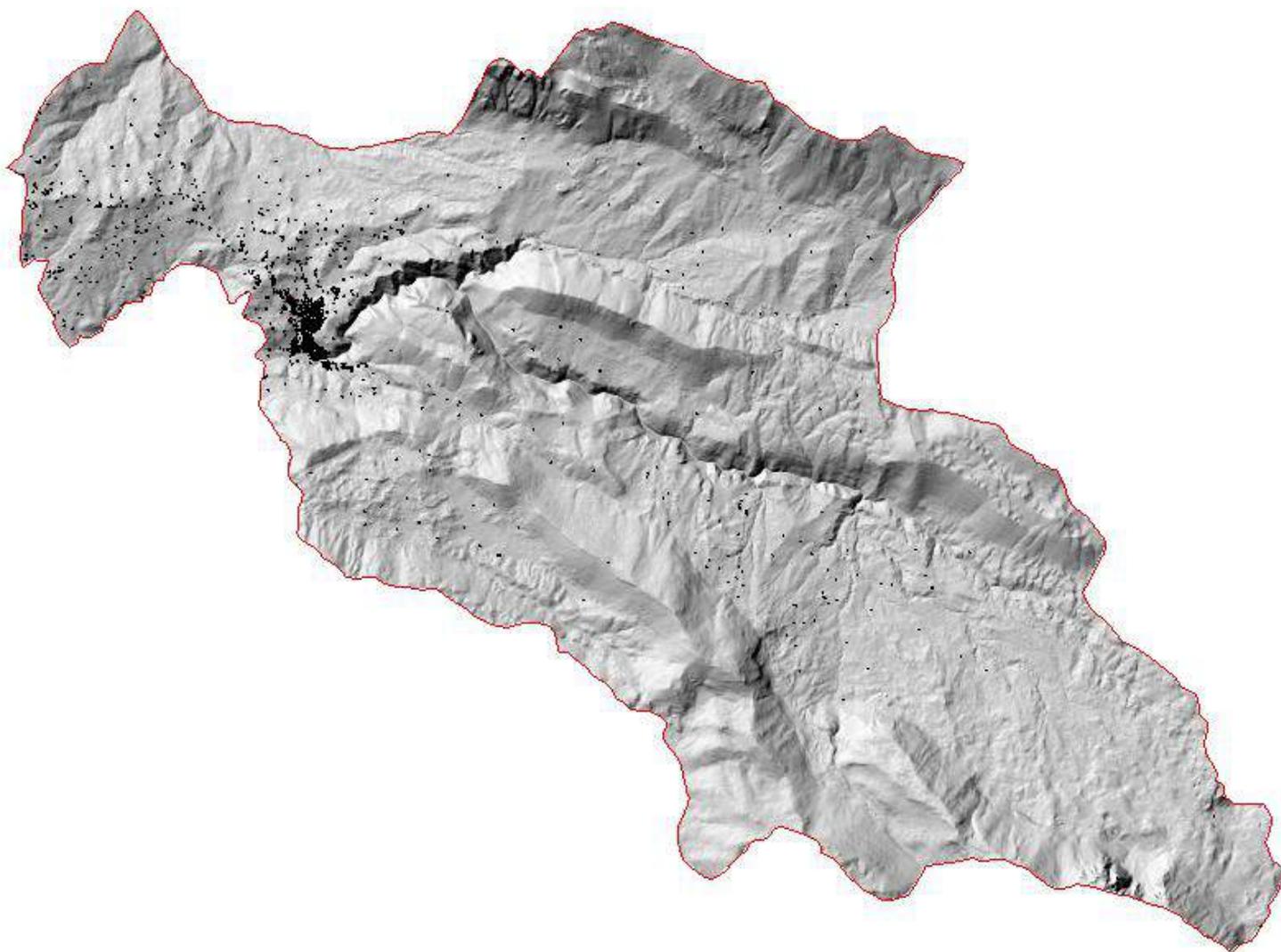


Figura 1 - Hillshade (ombreggiatura) del territorio comunale

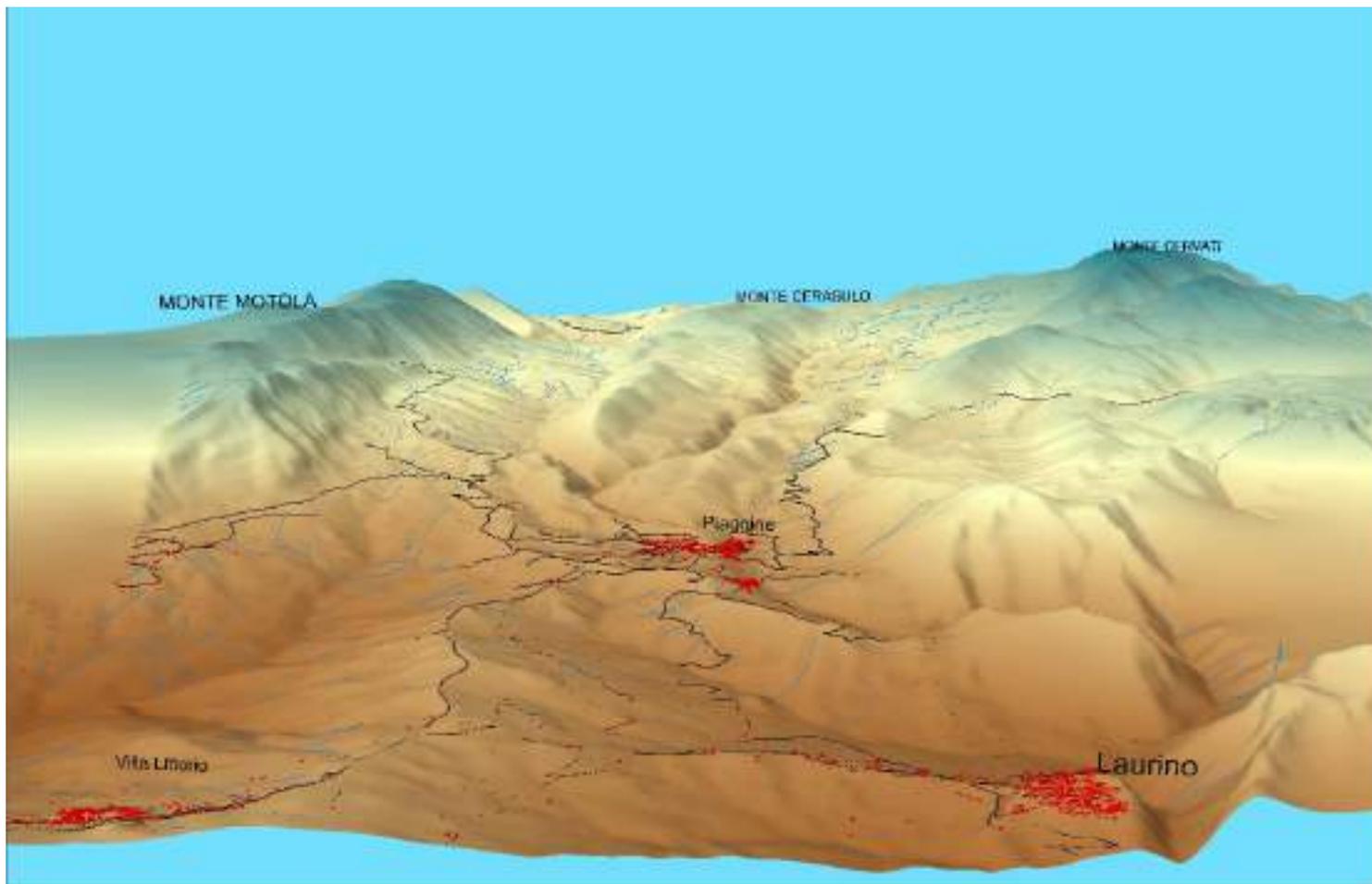


Figura 2 - Vista 3D del territorio comunale



## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio di Piaggine (Sa) fa parte della catena Appenninica meridionale.

L’Appennino meridionale è costituito da una potente successione di falde di ricoprimento tra le quali è possibile distinguere una pila di coltri in posizione inferiore con vergenza adriatica (africana) che costituiscono la catena sud – appenninica, ed una pila di coltri in posizione superiore con vergenza almeno in parte opposta (europea) che costituisce l’arco calabro – peloritano. La catena sud appenninica è costituita da varie unità stratigrafico – strutturali sovrapposte che hanno preso origine, dal Miocene al Pliocene medio, dalla deformazione di domini paleogeografici connessi con il continente africano e che daranno luogo in seguito alla catena sud – appenninica. L’attuale assetto di questa catena è legato alle intense fasi di sollevamento verificatesi nel Pliocene fino all’Attuale.

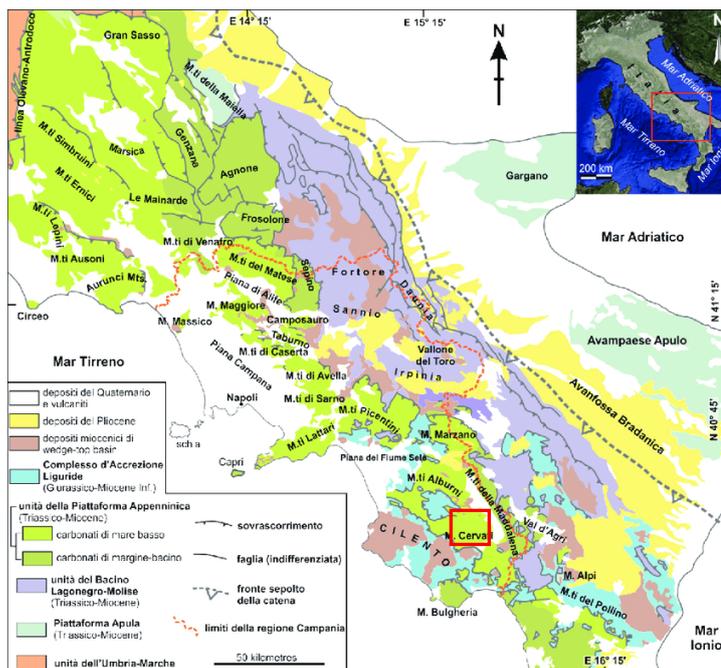


Figura 3 - Carta geologica schematica dell’Appennino Meridionale (Vitale et al., 2018)  
Il quadrato rosso indica l’area in studio

Alla luce delle ultime conoscenze sulle unità geologiche affioranti si può affermare che le falde di ricoprimento che costituiscono l’impalcatura orogenica della catena appenninica meridionale possono essere raggruppate in tre complessi principali:

- 1) Unità del Bacino Liguride (Complesso d’Accrezione Liguride, CAL);
- 2) Unità della Piattaforma Appenninica (PA);
- 3) Unità del Bacino Lagonegrese – Molisano (BLM);

In generale, le unità del Bacino Liguride occupano le posizioni tettoniche più alte, sovraccorse sulle unità della Piattaforma Appenninica, che a loro volta ricoprono le unità del Bacino Lagonegrese-Molisano.



In particolare nell'area esaminata affiorano i litotipi appartenenti alle Unità Sicilidi e all'Unità di Piattaforma Carbonatica. L'Unità Sicilide risulta costituita alla base dalle Argille Scagliose (AS, Ciarcia et al., 2012), di età Cretacico terminale-Eocene medio, suddivise in tre successioni eteropiche: (i) arenarie micacee, argille varicolori e calcare con selce, grigio-verdastri; (ii) argilliti silicifere brunastre, marne e calcari marnosi e (iii) argille e argilliti scure con intercalazioni di marne e calcari con selce. La successione passa verso l'alto alla Formazione di Monte Sant'Arcangelo (FMS, Ogniben, 1969) dell'Eocene superiore-Aquitano p.p., caratterizzata da calcari marnosi e, subordinatamente, calcareniti, marne siltose e arenarie micacee. Le Argille Varicolori (AV, Guerrero et al., 1993), di età Oligocene superiore-Aquitano p.p., parzialmente eteropiche con la parte alta della FMS, comprendono argille rossastre, grigiastre e verdastre, calcareniti e marne biancastre. La successione termina con i depositi di avanfossa delle Arenarie di Albanella (ALB, Donzelli & Crescenti, 1962; Selli, 1962; Ietto et al., 1965; Critelli et al., 1994), di età Burdigaliano p.p., costituite da arenarie in strati e banchi con intervalli di marne biancastre.

L'Unità di Piattaforma Carbonatica, in quest'area, corrisponde all'Unità Tettonica Alburni – Cervati – Pollino costituita da successioni stratigrafiche, con uno spessore compreso tra 2000 e 2500 metri, formate da una base di dolomie del Norico-Hettangiano p.p. (DBa, Dolomia superiore), evolventi verso l'alto a Calcari a Cladocoropsis e Clypeina del Giurassico-Cretacico Inferiore e Calcari con Requenie e Gasteropodi (GCa). La pila sedimentaria continua, dopo piccoli episodi di emersione, localmente segnati da argille rosse residuali, con Calcari a Rudiste e Orbitolinidi e Calcari a Radiolitidi (CSa) del Cretacico Superiore.

Dopo una lacuna stratigrafica del Cretacico terminale-Paleocene, la successione passa verso l'alto alla Formazione di Trentinara (TRN, Selli, 1962), di età Eocene inferiore e medio, costituita da depositi di mare basso, con alla base calcareniti ad alveoline, calcare nodulari e conglomerati a matrice marnosa e argillosa, lenti di marne e argille verdoline, giallastre e rosate. Sul Massiccio degli Alburni si rinvencono, localmente, calcareniti con macroforamiferi, marne rossastre e grigie, calcari marnosi con selce (SCA, Bravi & Schiattarella, 1988). Dopo un'altra lacuna, la sequenza continua, verso l'alto, con livelli discontinui e lenti di argille rosse lateritiche oligo-aquitane (Boni, 1974), seguite da depositi associati alla flessurazione orogenica della Formazione di Cerchiara-Roccadaspide (RCD, Selli, 1957; Carannante et al., 1988), caratterizzata da calcareniti glauconitiche, con alla base livelli caratteristici di ostreidi e pectinidi, dell'Aquitano p.p.-Burdigaliano. La successione termina con depositi di avanfossa della Formazione del Bifurto di età langhiana.



Su tale successione poggiano in contatto stratigrafico discordante le calciruditi ed arenarie di Piaggine (Sgrosso, 1981).

## 6. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE LOCALI

Il territorio comunale di Piaggine, dal punto di vista geologico, ricade nella Carta Geologica Regionale Foglio 504 NO – Laurino scala 1:25000 ed in minima parte nel Foglio 504 SO – Rofrano.

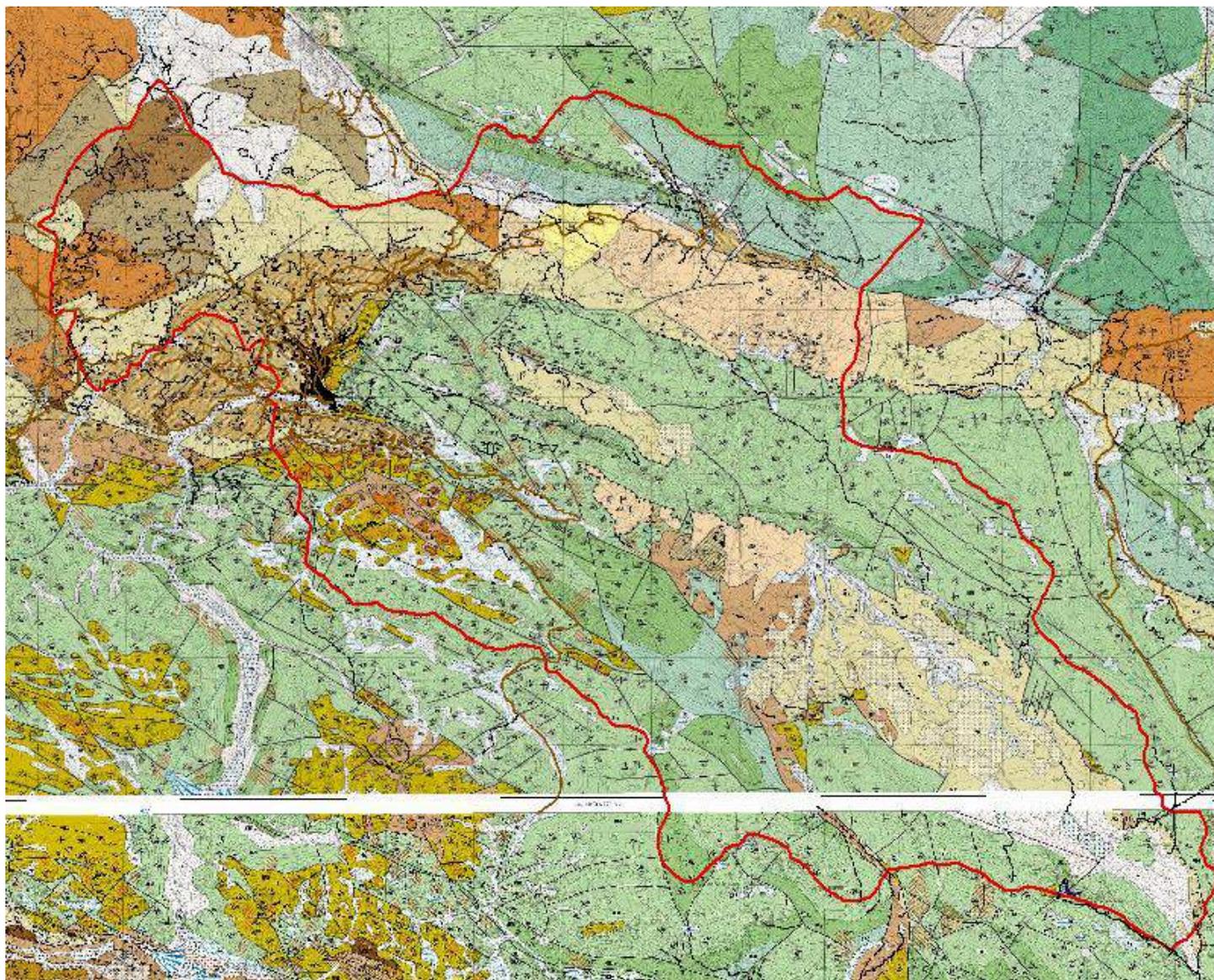
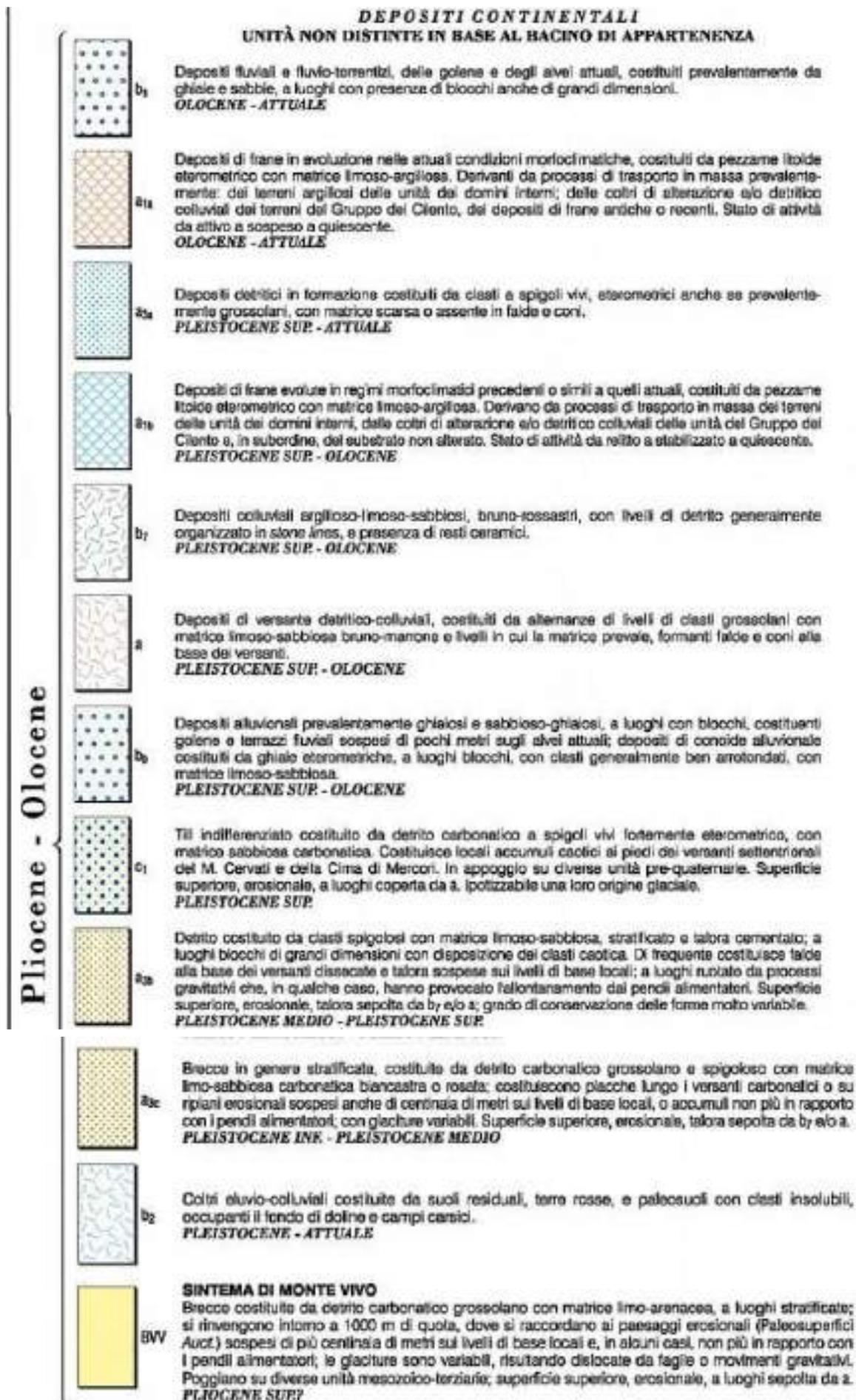
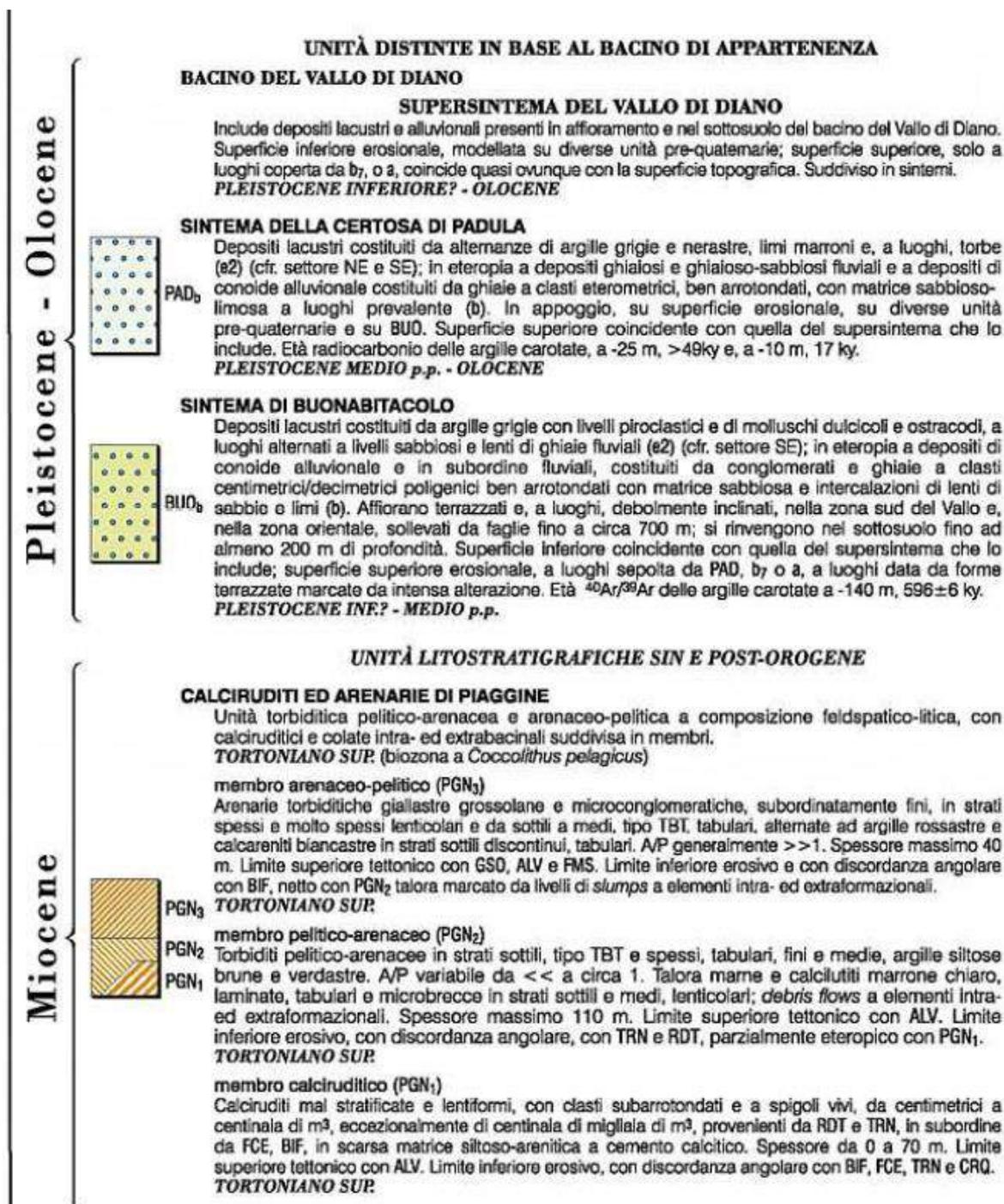
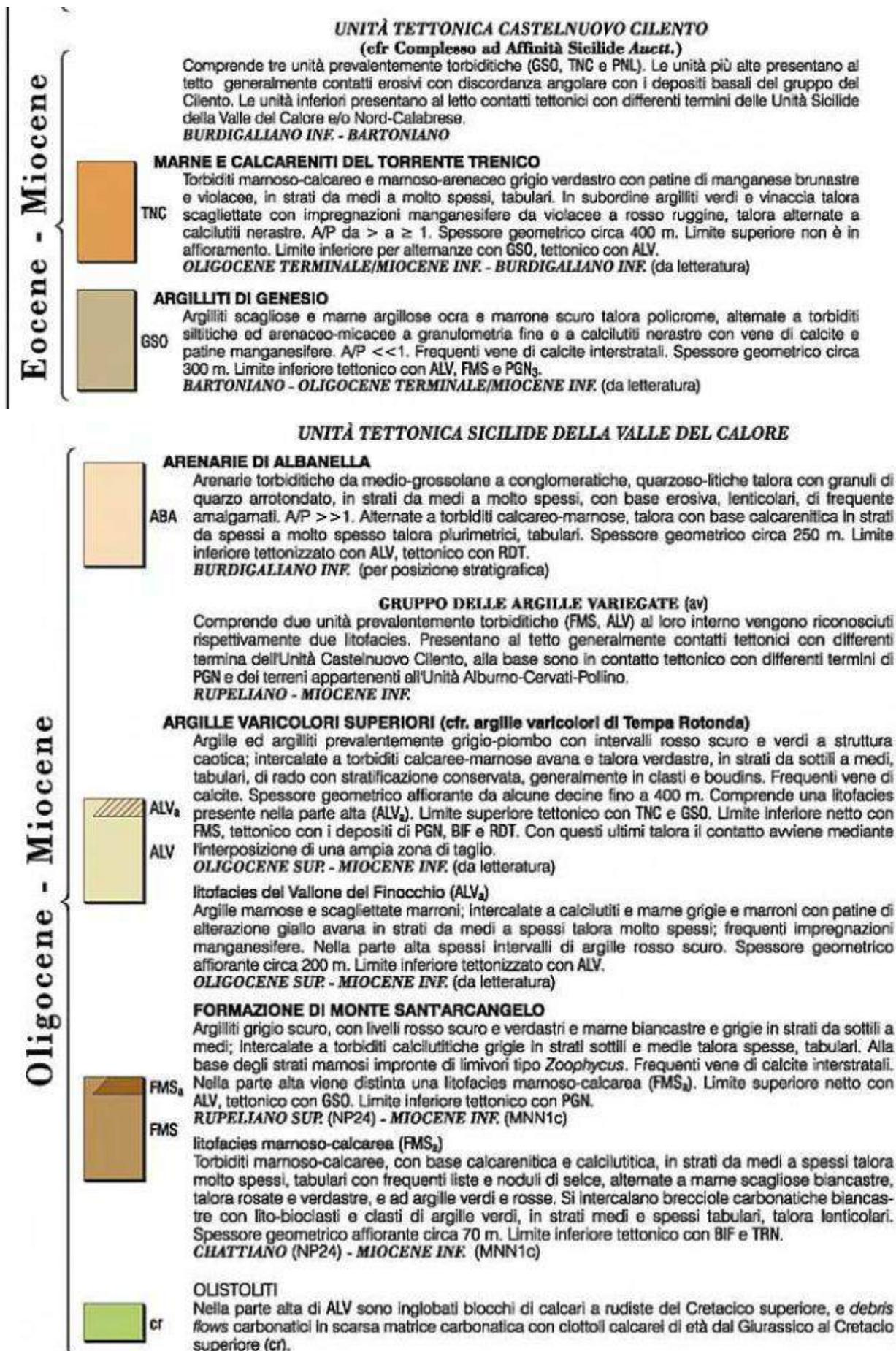


Figura 4 - Stralcio carta geologica regionale Foglio 504 – Sala Consilina (Laurino 504 NO e Rofrano 504 SO) scala 1:25000.

— Limite comunale









Trias - Miocene

**UNITÀ TETTONICA ALBURNO-CERVATI-POLLINO**

La successione è composta da diverse unità litostratigrafiche, talvolta suddivise in membri.  
**TRIAS -SERRAVALLIANO/LANGHIANO (MNN5b)**

**FORMAZIONE DEL BIFURTO**

**BIF**  
Torbiditi arenaceo-pelitiche rossastre quarzoarenitiche, con granuli di quarzo arrotondato, a cemento siliceo, in strati da sottili a spessi, tabulari; A/P da < a >1. Intercalati livelli spessi di argille grigio tabacco, e verdastre con venature azzurrognole, biocalciruditi a macroforaminiferi in strati medi, lenticolari, calcilutiti spongolittiche verdoline, tuffiti in strati medi, tabulari. Spessore non superiore a 250 m. Limite superiore erosivo, con discordanza angolare con PGN, tettonico con TNC e ALV. Limite inferiore discontinuo concordante con FCE.  
**BURDIGALIANO MEDIO (MNN4a) - SERRAVALLIANO/LANGHIANO (Zona MNN5b)**

**FORMAZIONE DI CERCHIARA**

**FCE**  
Calcareniti e in subordine calciruditi grigio giallognole in strati medi e spessi con macroforaminiferi e talora con granuli glauconitici. Alla base strati lentiformi e discontinui ricchi di ostreidi e pectinidi e di marni giallognole e verdoline. Tra i macrofossili *Miogypsina* spp., *Operculina* spp. Spessore da pochi metri a 12 metri. Limite inferiore discontinuo concordante con TRN, a luoghi con l'interposizione di ALR.  
**AQUITANIANO - BURDIGALIANO**

**ARGILLE LATERITICHE**

**ALR**  
Lenti e sacche molto discontinue di argille residuali dal giallo rosso al mattone, generalmente rossastre con vene e fiamme verdi o violacee, con pisoidi ed ooidi concentriche. Spessore da 0 a circa 15 m. Limite superiore discontinuo concordante con FCE. Limite inferiore discontinuo concordante con TRN.  
**OLIGOCENE? - AQUITANIANO?**

**FORMAZIONE DI TRENINARA**

**TRN**  
Calcilutiti e calcareniti grigio chiaro e avana in strati spessi talora plurimetrici; calcari mamosi in strati medi e spessi. Nella parte bassa calcari nodulari e pseudo-conglomeratici a clasti calcarei in matrice mamoso-argillosa; livelli o lenti decimetrici di argille e marni verdastre, talora ocre o rosate. Alla base calcareniti ad alveoline. Macrofauna: gasteropodi a guscio sottile, lamellibranchi. Microfauna: *Spiroline* spp., *Pratulonella salemitana*, oogoni di carofite. Spessore non superiore a 100 m. Limite superiore discontinuo concordante con ALR, FCE e BIF e discordante con PGN. Limite inferiore discontinuo concordante con RDT.  
**EOCENE INF. - EOCENE MEDIO p.p.**

**CALCARI A RADIOLITIDI**

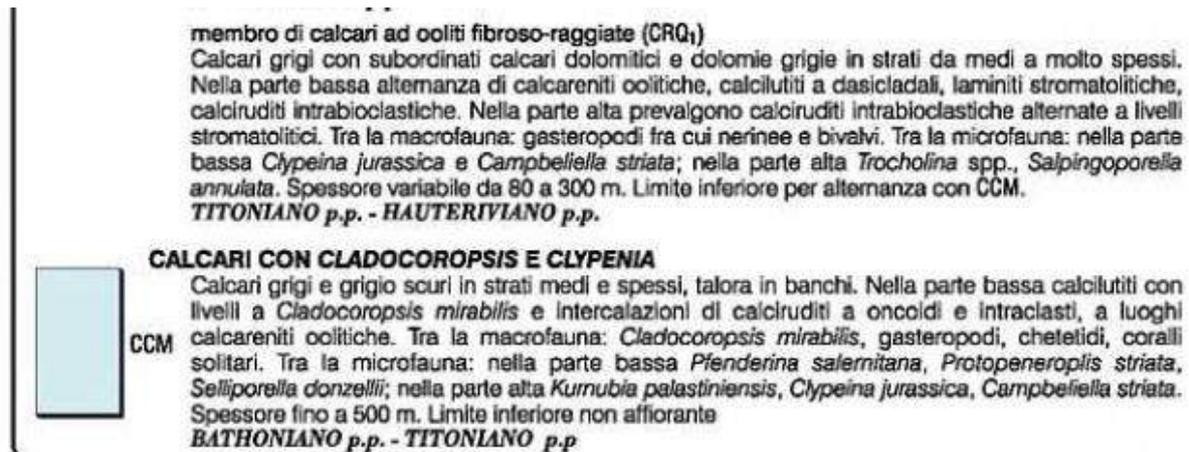
**RDT**  
Calcilutiti e calcari grigi scuri prevalentemente e subordinatamente dolomie e calcari dolomitici scuri in strati da medi a spessi e talora banchi. Nella parte bassa calcari e calcari dolomitici scuri, in strati sottili. Nella parte media e alta frequenti livelli, da medi a molto spessi, gremiti di gusci e frammenti di radiolitidi. Tra la macrofauna radiolitidi, gasteropodi e frammenti di echinodermi. Tra la microfauna: *Accordiella conica*, *Montcharmontia apenninica*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*. Spessore circa 350-400 m. Limite inferiore netto con CRQ<sub>4</sub>.  
**TURONIANO - SENONIANO p.p.**

**CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI**

Calcari grigi in strati medi e spessi, con frequenti livelli ricchi di gasteropodi e requienidi. Subordinatamente calcari scuri in strati sottili, calcari dolomitici e dolomie da massive a laminate. Nella parte bassa sono frequenti livelli di calcari oolitici ed oncolitici, calcilutiti a dasicladali, laminiti stromatolitiche, calciruditi intrabioclastiche. Nella parte centrale si alternano calcilutiti a dasicladali, calcari stromatolitici e loferitici a lumachelle, a gasteropodi e a requienie. Calcilutiti ad ostracodi e miliolidi con livelli di calcareniti ad orbitolinidi. Nella parte alta sono presenti calcari bioclastici ad alveoline e livelli di dolomie laminate. Sono stati riconosciuti un membro nella parte bassa (CRQ<sub>1</sub>) ed uno nella parte alta (CRQ<sub>4</sub>). Limite inferiore stratigrafico con CCM.  
**GIURASSICO SUP. p.p - CENOMANIANO p.p.**

**membro dei calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (CRQ<sub>4</sub>)**

**CRQ<sub>4</sub>**  
**CRQ<sub>3</sub>**  
**CRQ<sub>2</sub>**  
Calcareniti e calciruditi grigie e giallognole ad alveoline in strati medi e spessi; dolomie grigie o biancastre laminate e a bande in strati spessi e banchi; calcilutiti a ostracodi e miliolidi in strati medi e sottili. Nella parte alta banchi di calcari dolomitici con tracce di bioturbazione (*Thalassinoides*). Tra i macrofossili: gasteropodi, radiolitidi e rari caprinidi. Tra la microfauna: *Sellaalveolina vialii*, *Cisalveolina fraasi*, *Pseudorhapydionina dubia*. Spessore variabile da 80 a 300 m. Limite inferiore per alternanza con CRQ.  
**CENOMANIANO p.p.**



Dal rilevamento geologico di superficie e dalla letteratura geologica esistente, nel territorio comunale di Piaggine (Sa), sono stati distinti, dal più recente al più antico, i seguenti litotipi:

### DEPOSITI CONTINENTALI (QUATERNARIO)

- **Depositi fluviali degli alvei attuali (b<sub>a</sub>):** ghiaie e sabbie, a luoghi con presenza di blocchi di grandi dimensioni (Olocene – Attuale);
- **Frana in evoluzione (a<sub>1a</sub>):** accumulo gravitativo di detrito eterometrico ed eterogeneo, a struttura caotica, con pezzame litoide del substrato, in matrice limoso - argillosa, con evidenze di movimenti in atto o recenti (Olocene Attuale);
- **Depositi detritici (a<sub>3a</sub>):** clasti prevalentemente (ciottoli e blocchi) a spigoli vivi, con matrice scarsa o assente. Gli accumuli, ancora attivi, formano falde e coni alla base di ripide scarpate (Pleistocene superiore – Attuale);
- **Frana in evoluzione (a<sub>1b</sub>):** accumulo gravitativo di detrito eterometrico ed eterogeneo, a struttura caotica, con pezzame litoide del substrato, in matrice limoso - argillosa, con stato di attività quiescente (Pleistocene Superiore – Olocene);
- **Depositi colluviali (b<sub>7</sub>):** si presentano sottoforma di falde e coltri di colluvioni ai piedi dei pendii addolciti dall'erosione. Sono costituiti da suoli risedimentati con tessitura argilloso – limosa – sabbiosa con intercalazioni di livelli di detrito (Pleistocene superiore – Olocene);
- **Depositi di versante (a):** depositi detritico – colluviali costituiti da alternanze di livelli di clasti grossolani con matrice limoso – sabbiosa. Formano falde e coni alla base dei versanti (Pleistocene superiore - Olocene);

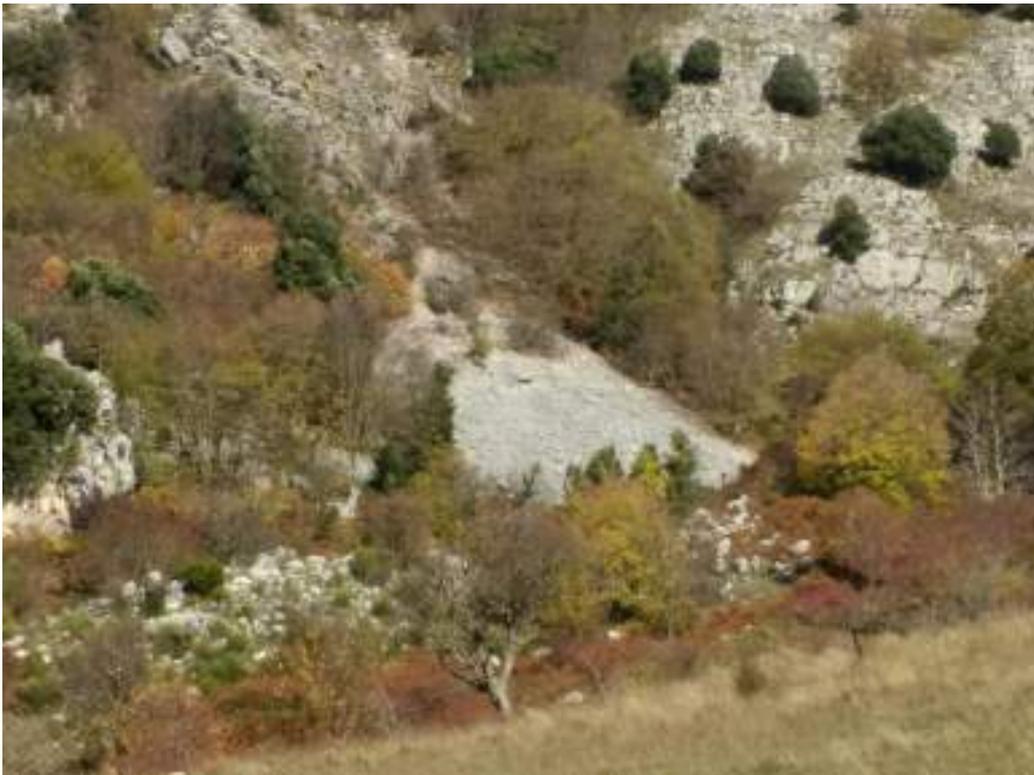


Foto 1 - Depositi di versante disposti in cono detritico alla base di Monte Vivo

- **Depositi da debris flow ( $b_4$ ):** clasti spigolosi, eterometrici, carbonatici, con abbondante matrice sabbioso – limosa (Pleistocene superiore);
- **Depositi glaciali ( $c_1$ ):** till indifferenziato costituito da detrito carbonatico a spigoli vivi fortemente eterometrico con matrice sabbiosa carbonatica (Pleistocene superiore);
- **Detriti di falda ( $a_{3b}$ ):** detrito costituito da clasti spigolosi con matrice limoso – sabbiosa stratificato e talora cementato. A luoghi ruotato su depositi gravitativi che hanno contribuito ad allontanarlo dal versante e a disporlo in modo caotico (Pleistocene medio – Pleistocene superiore);
- **Coltri eluvio – colluviali ( $b_2$ ):** suoli residuali, terre rosse, paleosuoli con clasti insolubili, occupanti il fondo di doline e campi carsici (Pleistocene – Attuale);
- **Sintema di Monte Vivo (BVV):** breccie costituite da detrito carbonatico grossolano con matrice limo-arenacea a luoghi stratificate (Pliocene superiore ?)



Foto 2 - Breccie di Monte Vivo



## SUBSTRATO PREQUATERNARIO

### UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE SIN E POST - OROGENE

- **Calciruditi ed Arenarie di Piaggine:** unità torbiditica pelitico – arenacea e arenaceo – pelitica con calciruditi e colate intra ed extrabacinali suddivisa in membri. (Miocene)

- **membro arenaceo – pelitico (PGN<sub>3</sub>):** arenarie torbiditiche giallastre grossolane, subordinatamente fini, in strati spessi e molto spessi e da sottili e medi alternate ad argille rossastre e calcareniti biancastre in strati sottili. Rapporto A/P generalmente >>

1



Foto 3 – Affioramento delle Arenarie di Piaggine in strati spessi (membro PGN3)



- **membro pelitico – arenaceo (PGN<sub>2</sub>)**: torbiditi pelitico – arenacee in strati sottili e spessi, tabulari, fini e medie, argille siltose brune e verdastre. Rapporto A/P variabile da << a circa 1.



Foto 4 – Affioramento di arenarie e peliti in strati sottili in prossimità della SP 11d (membro PGN<sub>2</sub>)



- **membro calciruditico (PGN<sub>1</sub>)**: calciruditi mal stratificate e lentiformi, con clasti subarrotondati e a spigoli vivi da centimetrici a centinaia di m<sup>3</sup>, eccezionalmente di centinaia di migliaia di m<sup>3</sup>.



Foto 5 – Affioramento delle calciruditi di Piaggine in località I Fossi



**UNITA' TETTONICA DI CASTELNUOVO CILENTO (Complesso ad Affinità Sicilide)**

- **Marne e Calcareniti del Torrente Trenico (TNC):** torbiditi marnoso – calcaree e marnoso – arenacee in strati da medi a molto spessi. In subordinate argilliti verdi e vinaccia scagliettate talora alternate a calcilutiti nerastre. Rapporto A/P da  $>$  a  $\geq$  a 1. L'intera unità è interessata da deformazione duttile, ed in relazione ai litotipi, sono presenti pieghe alla mesoscala di tipo isoclinale, a ventaglio e a cuspidate, con orientazione degli assi N-S e NE - SO (Eocene – Miocene).
- **Argilliti di Genesio (GSO):** argilliti scagliose, di colore ocra e marrone scuro, talora policrome, con subordinate marne spesso silicizzate e torbiditi sottili, tipo TBT, con base siltitica, arenitico – micacea e talora carbonatica. Gli strati sono generalmente sottili e medi e si presentano estremamente alterati con frequenti vene di calcite e patine manganesifere interstratali. Il rapporto A/P è generalmente  $\ll$  di 1. L'intera unità è caratterizzata da una intensa tettonizzazione e si rilevano localmente pieghe mesoscopiche a cuspidate. (Eocene – Miocene)



Foto 6 – Affioramento delle argilliti di Genesio (GSO) in prossimità della SP 229 formato da argilliti scagliose rossastre e marne verde scuro in strati sottili. L'affioramento è interessato da una piega mesoscopica a cuspidate.



## UNITA' TETTONICA SICILIDE DELLA VALLE DEL CALORE

- **Arenarie e Marne di Albanella (ABA):** torbiditi silicoclastiche e calcareo – marnose. Le torbiditi arenacee a granulometria da medio – grossolana a conglomeratica si ritrovano da strati da medi a spessi a molto spessi. Talora sono separate da sottili livelli siltitici di colore grigio al biancastro e dai livelli marnosi. Rapporto A/P >> 1. Tali depositi sono molto deformati e piegati (Oligocene – Miocene)



Foto 7 – Affioramento delle Arenarie di Albanella alla base del versante meridionale del M.te Motola costituito da arenarie in strati medi e sottili.

- **Argille varicolori superiore (ALV):** argille e argilliti grigio – piombo con intervalli di colore rosso – scuro e verdi, a struttura caotica, con intercalazioni di torbiditi calcareo – marnose di colore avana e talora verdastre in strati da sottili a medi, tabulari. Si ritrovano in questi terreni blocchi, clasti e strati scompaginati da natura carbonatica e arenacea. Tale pezzame risulta costituito da marne grigie e verdastre, localmente calcilutiti silicizzate a stratificazione piano parallela e con strutture torbiditiche tipo TBT, con rari strati di arenarie fini. Per la presenza di forte tettonizzazione e frequenti dissesti superficiali, anche nella coltre di alterazione, in questi terreni non sono mai



conservate le stratificazioni e generalmente le torbiditi calcareo – marnose si ritrovano sottoforma di boudin o clasti. (Oligocene – Miocene)

- **Formazione di Monte Sant’Arcangelo (FMS):** alternanze di argilliti varicolori, torbiditi marnoso – calcaree di tipo TBT, brecciole calcaree e calcareniti laminate. I terreni sono molto deformati con pieghe alla mesoscala, da isoclinaliche a scatola, spesso con fianchi rovesciati, con assi inclinati di pochi gradi e con direzione degli assi circa N – S ed E - O. (Oligocene – Miocene)

### UNITA’ TETTONICA ALBURNO – CERVATI – POLLINO

- **Formazione del Bifurto (BIF):** torbiditi arenaceo – pelitiche e arenarie litiche in strati sottili, medi e spessi a geometria tabulare, con A/P variabile da  $< 1$  a  $> 1$ . Sono presenti livelli spessi di argille grigio tabacco e più rare argille brune e verdastre con venature azzurognole, con intercalazioni di brecciole e calcareniti giallognole in strati medi a geometria lenticolare, calcilutiti spongolitiche verdoline e tufiti bruno – verdastre in strati medi tabulari, torbiditi calcareo – marnose marrone chiaro, marne e marne silicizzate in strati sottili a spessi. (Trias – Miocene)



Foto 8 – Affioramento della Formazione del Bifurto in località I Fossi costituito da marne silicizzate verdi e rosse con intercalati strati di calcilutiti e calcareniti torbiditiche, calcilutiti spongolitiche, livelli tufitici e arenarie quarzose sottilmente stratificate di tipo Numidico



- **Formazione di Cerchiara (FCE):** calcareniti grigie giallognole in strati spessi, medi e molto spessi (fino ad 1.5 m) con granulometria da fine a grossolana, subordinatamente calciruditi in strati. (Trias – Miocene)
- **Formazione di Trentinara (TRN):** calcari da grigio chiaro ad avana, più raramente biancastri in strati spessi (60 – 100 cm) e banchi; calcari marnosi in strati spessi in genere 20 – 30 cm; calcari nodulari in strati sottili (< 10 cm). Argille e marne verdastre in livelli e lenti di spessore da centimetrico a decimetrico (raramente supera i 20 cm) ed in riempimenti di cavità e fratture. (Trias – Miocene)



Foto 9 – Affioramento della Formazione di Trentinara (TNR) lungo via Alpestre costituito da calcari di colore grigio chiaro in strati spessi e banchi

- **Calcari a Radiolitidi (RDT):** calcilutiti ben stratificate in strati spessi in genere da 30 a 100 cm, con subordinati calcari dolomitici e dolomie scure. (Trias – Miocene)
- **Calcari con Requenie e Gasteropodi (CRQ):** calcari grigi, generalmente ben stratificati. Subordinatamente sono presenti livelli di calcari scuri in strati sottili, calcari dolomitici e dolomie da massive a laminate, calcari biancastri e livelli di calcari marnosi. (Trias – Miocene)



## 7. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Piaggine risulta costituito da imponenti rilievi carbonatici quali il massiccio del Monte Cervati (1899 m), articolato al suo interno dalle dorsali Cima di Mercori (1788 m) e Monte Cerasulo (1400 m) e della dorsale Monte Motola (1700 m) – Monte Vivo (1538 m). Queste dorsali costituiscono degli alti morfostrutturali allungati, separati da bassi relativi in cui le quote raggiungono 1000 – 1100 m. In questi bassi morfologici sono ancora conservati notevoli volumi delle tenere coperture terrigene (flysch miocenici e unità interne) che sono state, in massima parte, smantellate dagli alti carbonatici.

I rilievi carbonatici compresi nel territorio comunale di Piaggine sono caratterizzati da un paesaggio tipicamente carsico, in cui sono particolarmente diffuse forme quali doline, uvala e polje attivi (ad esempio Cervatello, Acqua del Cavallo) nel massiccio del Monte Cervati, e forre (forre del Fiume Calore) e valli carsiche.

Sui rilievi carbonatici sono presenti, inoltre, diversi ordini di palesosuperfici, il cui modellamento è riconducibile essenzialmente a carsismo di contatto. Tali palesosuperfici sono separati da piccoli dislivelli e reciprocamente incastrati, che sono riferibili a successive soste nel graduale abbassamento dei livelli di base locali.

Per quanto riguarda i movimenti di massa, dal rilevamento geologico di superficie, è stato possibile differenziare i movimenti per tipologia e stati di attività (Tabella 1).

N. frane	Tipo di movimento	Stato di attività			Area frana (km <sup>2</sup> )	% area in frana territorio comunale
		Totali Attive	Totali Quiescenti	Totali Inattive		
7	Area soggetti a crolli/ribaltamento	2	5	-	0.239	0.0038
45	Area soggetta a deformazioni lente diffuse	45	-	-	0.790	0.012
16	Colamento lento	2	14	-	0.265	0.0042
3	Colamento rapido	-	3	-	0.033	0.0005
10	Scorrimento rotazionale	4	6	-	0.187	0.003
32	Scorrimento rotazionale evolvente a colata lenta di terra (fenomeno complesso)	2	29	1	1.102	0.017

Tabella 1 - Tipologie e stati di attività dei movimenti di massa presenti sul territorio comunale

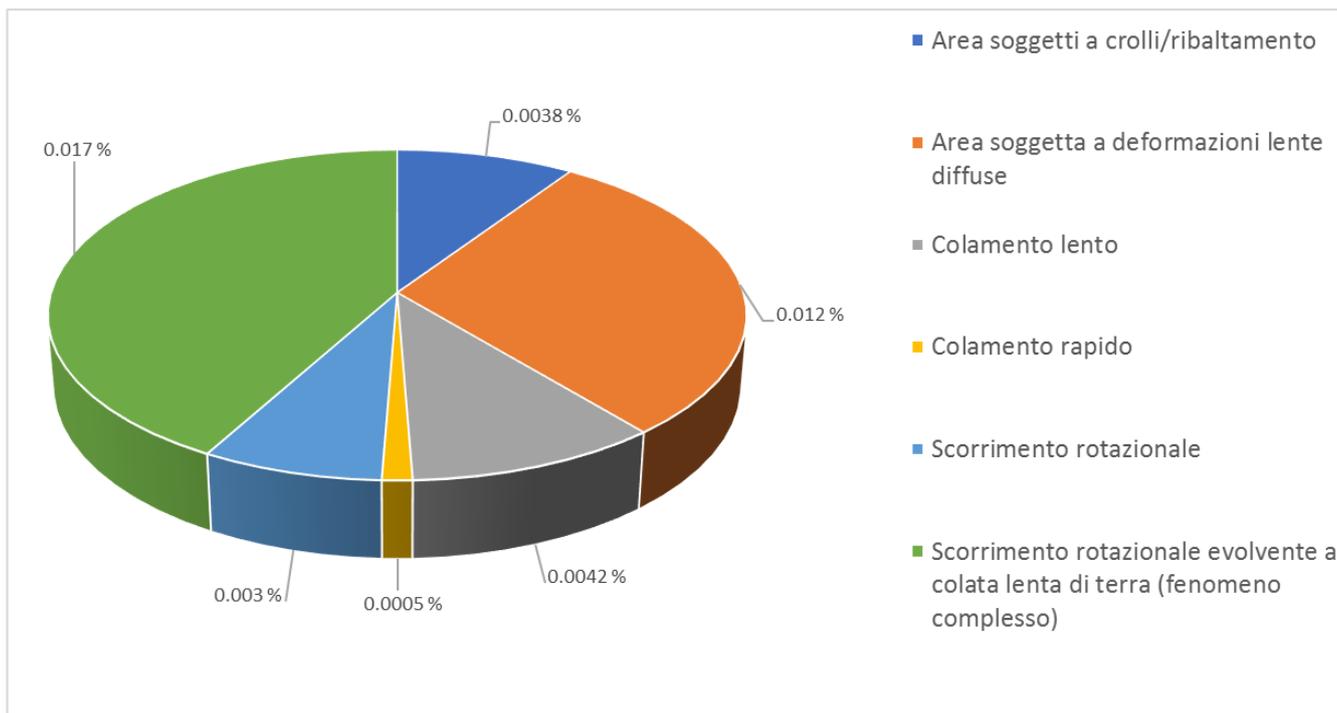


Figura 5 – Distribuzione percentuale dei movimenti in massa rispetto all’intero territorio comunale

Per le aree soggette a fenomeni gravitativi tipo crolli e/o ribaltamento in roccia si segnalano i processi, ancora in evoluzione, lungo i versanti settentrionali carbonatici del Monte Cerasulo e Cervati, in particolare tra le località I Pantani di San Pietro e le Sorgenti del Calore, dove, per la giacitura a franapoggio da meno inclinato del pendio a più inclinato verso valle e per l’esistenza di sistemi di discontinuità subverticali, associati a lineamenti trascorrenti, si generano fenomeni di ribaltamento e scivolamento di cunei.

Sono presenti nella stessa zona anche fenomeni di crolli molto estesi, che generano coni detritici attivi in località Vammusanna.

Per le aree soggette a movimenti gravitativi tipo scorrimento rotazionale è da segnalare, per la sua imponenza, lo scorrimento rotazionale attivatosi nel Novembre 2010 in località S. Maria, che ha provocato danni ingenti ad un fabbricato per civile abitazione e alla strada provinciale n.11d.



Foto 10 - Scorrimento rotazionale nelle Arenarie di Piaggine con gravi danni ad un fabbricato civile abitazione. Si nota la rotazione del fabbricato



Foto 11– Il movimento di massa di figura 1 visto da valle con gravi danni all’infrastruttura stradale SP 11

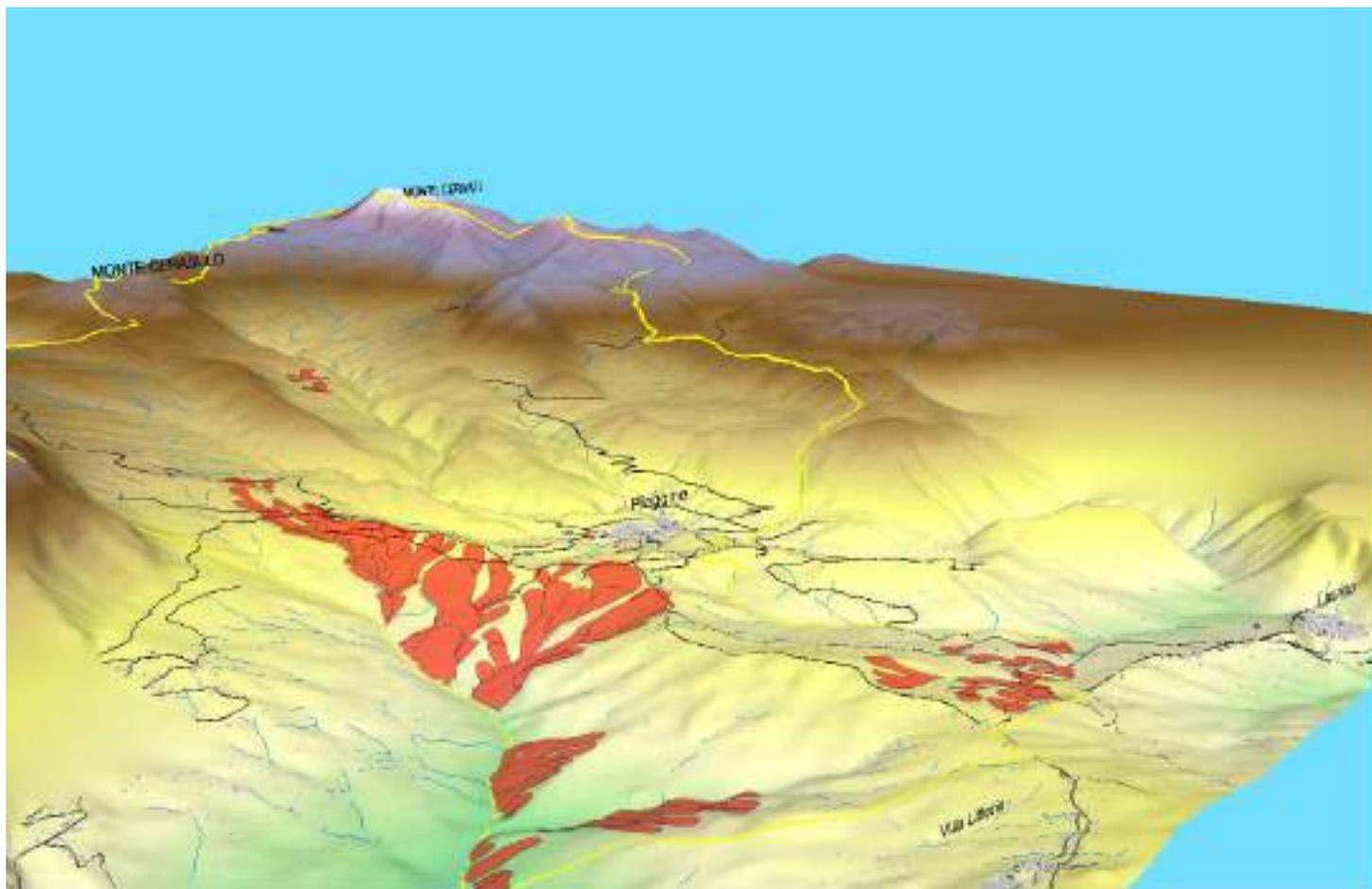


Figura 6 – Rappresentazione 3D del territorio con overlay dei movimenti in massa (in rosso)



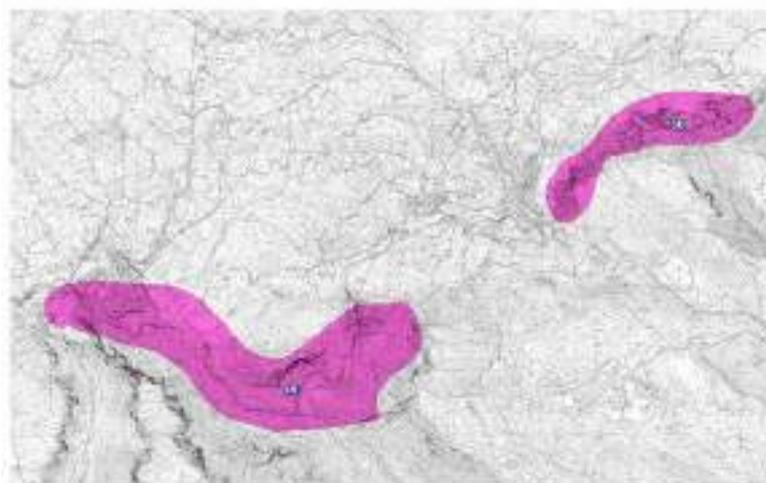
### 8. I GEOSITI

Per geosito si intende, un luogo ove siano presenti peculiarità afferenti alla Scienza della Terra, che rivestono un valore scientifico nell’ambito del più ampio contesto geologico di riferimento.

I geositi presenti sul territorio comunale di Piaggine sono compresi all’interno del massiccio carbonatico del Monte Cervati.

Il geosito principale è rappresentato dal canyon carsico del Fiume Calore formatosi per sovrimposizione. La genesi di tale sito è dovuta all’interazione di processi fluviali e carsici (negli ultimi 2 milioni di anni fa), caratterizzati da varie tipologie di evoluzione e sviluppo (con valli abbandonate o versante a monte). Nello specifico tali forme sono il risultato di processi carsici di tipo ipogeo ed epigeo.

MAIN GEOSITE							
49_river karst canyons of Laurino			50_river karst canyons of Piaggine				
Ubication	Altitude	Accessibility		Fruition			
Nation - ITALY	700 m. a.l.	foot	X	railway			
Region - CAMPANIA		car	X	recreation	X		
Province - SALERNO	Distance	boat		restaurant			
NATIONAL PARK	50 Km. from National Park office	other		exposition			
Municipality - LAURINO PIAGGINE							
INTEREST (1= primary - 2 = secondary)							
GEOLOGICAL			SCIENTIFIC		OTHER		
Structural		Mineralogical		Plans (conservation experimentation)	1	Didactical	2
Stratigrafical		Hydrogeological	1	Popularization		Hiker/streking	
Geomorphological	1	Paleontological		Representative		Archaeological	
Sedimentological		Karstic	1	Mondial/European	2	Naturalistic	
Paleoenvironmental		Paleobiological		National/Local		Historical/religious	



Cartography of Main Geosite

Figura 7 – Scheda dei geositi principali del M.Te Cervati.  
Il numero 50 indica il canyon del Fiume Calore nel territorio di Piaggine



Di seguito si riportano i geositi principali e secondari presenti nel territorio comunale di Piaggine:

Id_denomination	Imp
50_Canyon carsico Fiume Calore	M
67_Altopiano carsico Monte Cerasulo	S
58_Circo glaciale e dolina da dissoluzione	S
<b>M = Main (principale); S = Secondary (secondario)</b>	

Tabella 2 – Geositi presenti nel territorio comunale di Piaggine

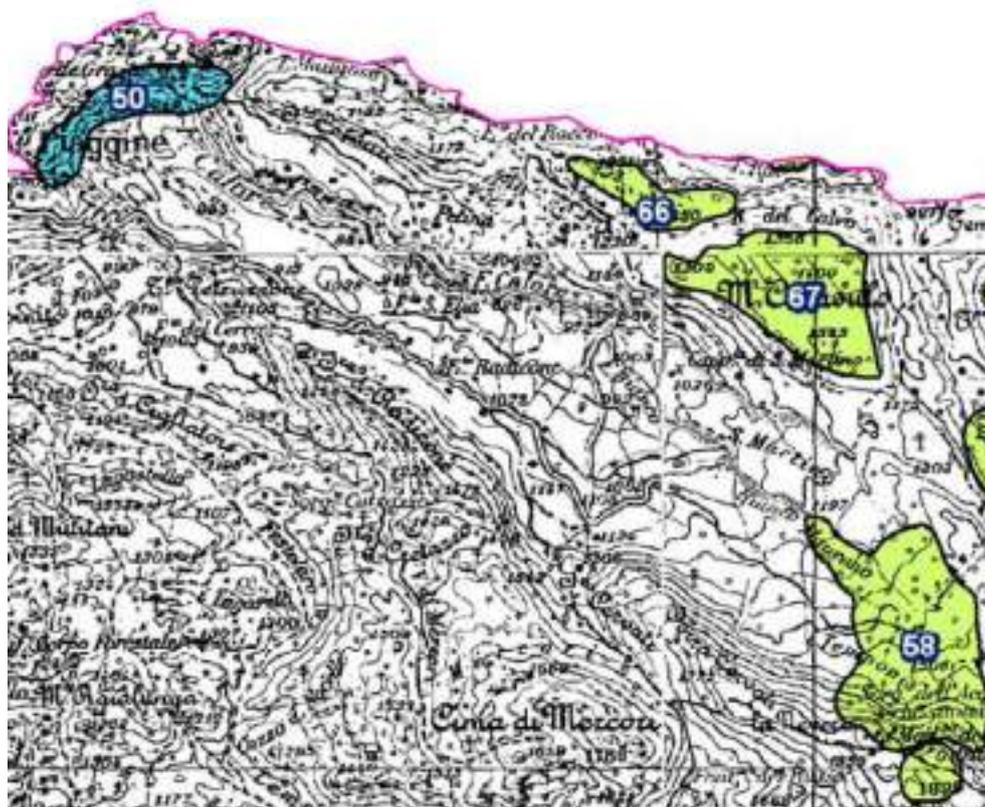


Figura 8 – Ubicazione dei geositi sulla tavoletta topografica IGM scala 1:25000



## 9. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE

Il territorio di Piaggine (Sa) è compreso nel bacino idrografico del F. Calore ed in parte nel bacino idrografico del T. Ripiti che a sua volta rappresenta un sottobacino idrografico dello stesso Fiume Calore. All'interno del territorio di Piaggine i principali affluenti del Ripiti, in sinistra idrografica, sono rappresentati dal:

- Vallone della Lenternina;

Nelle tabelle che seguono vengono illustrate le principali caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici in esame relativamente all'area del bacino compresa nel territorio comunale di Piaggine.

**Bacino idrografico – Calore Lucano  
(ricade in parte nel territorio di Piaggine)**

Area bacino (km <sup>2</sup> )	D <sub>d</sub> (densità di drenaggio) Km <sup>-1</sup>	Ordine gerarchico (Strahler)	N° aste	R <sub>b</sub> (rapporto di biforcazione)	Lunghezza totale (Km)
47.63	4.52	1	385	-	112.46
		2	94	4.09	51.00
		3	18	6.26	31.80
		4	5	3.60	9.02
		5	2	2.50	8.07
		6	1	2.00	2.82

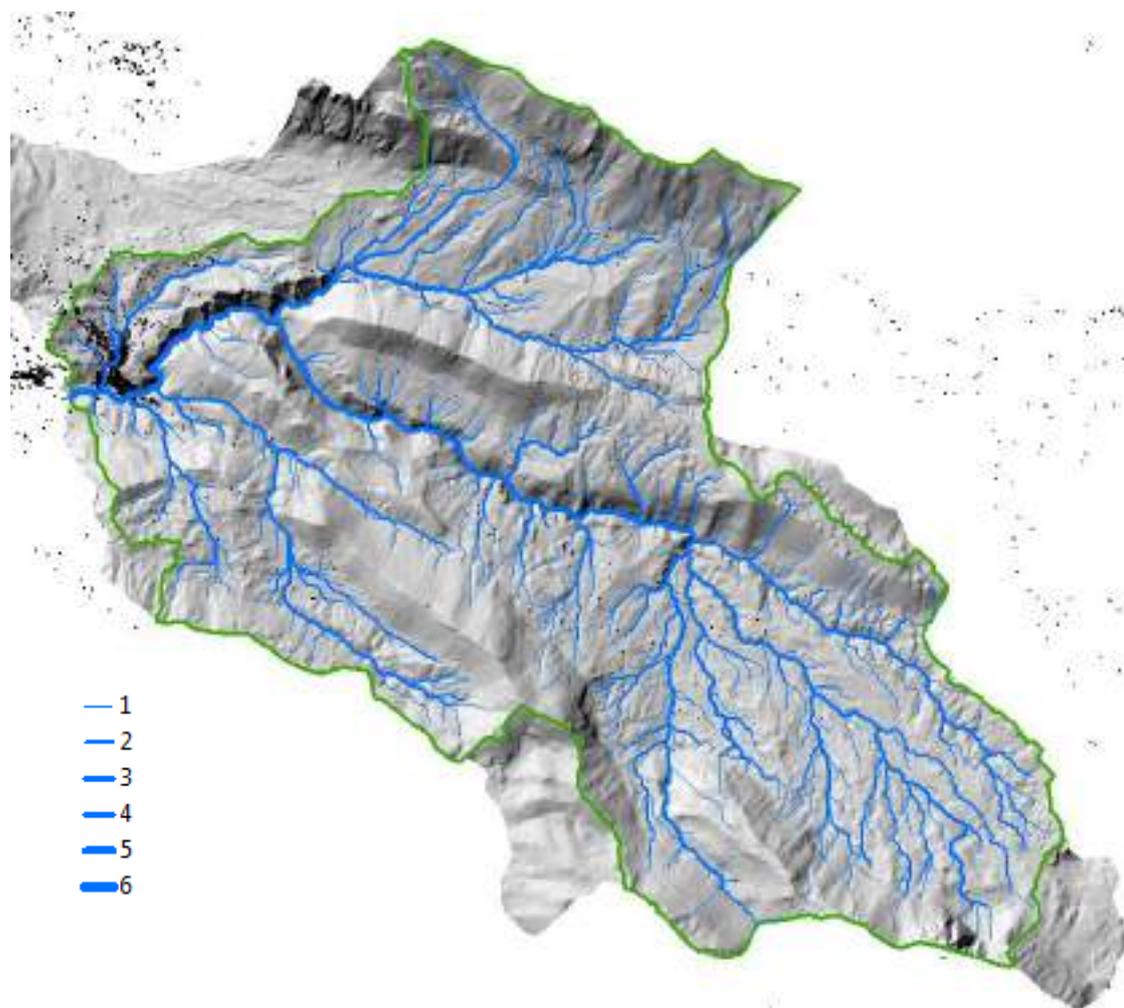


Figura 9 – Reticolo idrografico del bacino del Fiume Calore secondo la classificazione gerarchica di Strahler

	A (superficie) Km <sup>2</sup>	P (perimetro) Km	Hmax (quota massima) m s.l.m.	L (lunghezza del collettore principale) m	D <sub>max</sub> (distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura) m	h <sub>0</sub> (quota della sezione di chiusura) m s.l.m.	h <sub>m</sub> (quota media) m s.l.m.	i (pendenza media) %
Bacino F. Calore (compreso in parte nel territorio di Piaggine)	47.63	38.35	1893	12.11	12.11	572.20	1121.03	36

Il reticolo idrografico mostra un *pattern* di tipo dendritico in prossimità dei materiali terrigeni e subparallelo nei materiali prevalentemente impermeabili caratterizzati da un controllo strutturale mediante fratture subparallele.



**Bacino idrografico – V.ne Lenternina**

Area bacino (km <sup>2</sup> )	D <sub>d</sub> (densità di drenaggio) Km <sup>-1</sup>	Ordine gerarchico (Strahler)	N° aste	R <sub>b</sub> (rapporto di biforcazione)	Lunghezza totale (Km)
1.86	4.02	1	24	-	4.08
		2	5	4.8	2.14
		3	1	5.0	1.26

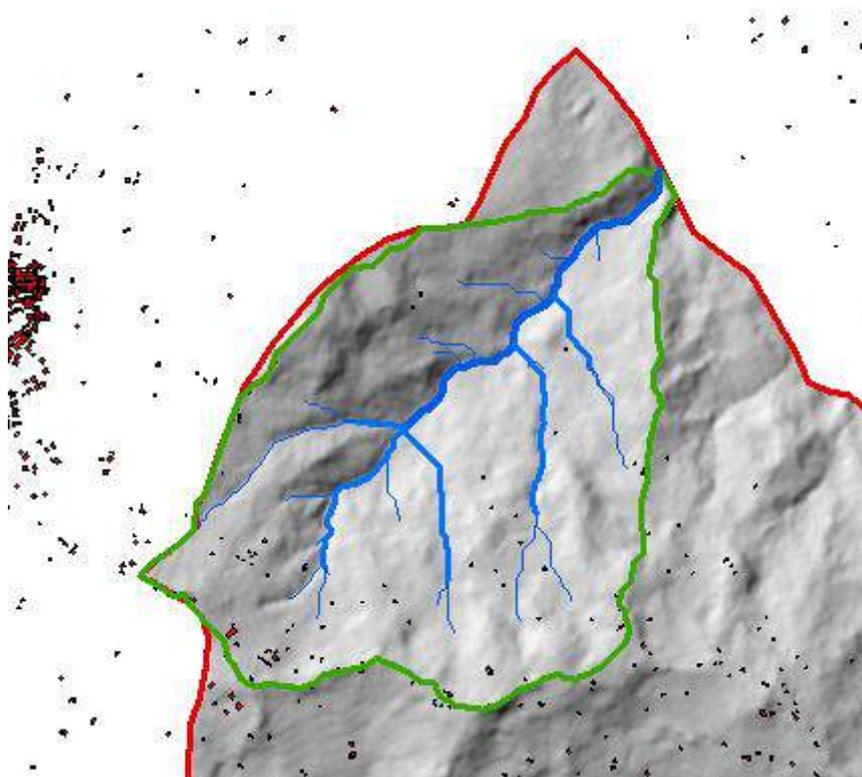


Figura 10 – Reticolo idrografico del bacino del V.ne Lenternina secondo la classificazione gerarchica di Strahler



## 9. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in esame, dal punto di vista idrogeologico è caratterizzata dalla presenza di importanti acquiferi legati ai massici carbonatici del Monte Cervati e del Monte Motola e da acquiferi aventi sede nei rilievi collinari in cui affiorano depositi poco permeabili (arenaceo-marnoso-argillosi, calcareo-marnoso-argillosi, calcareo-argillosi, conglomeratico-arenacei, etc.), in facies di flysch.

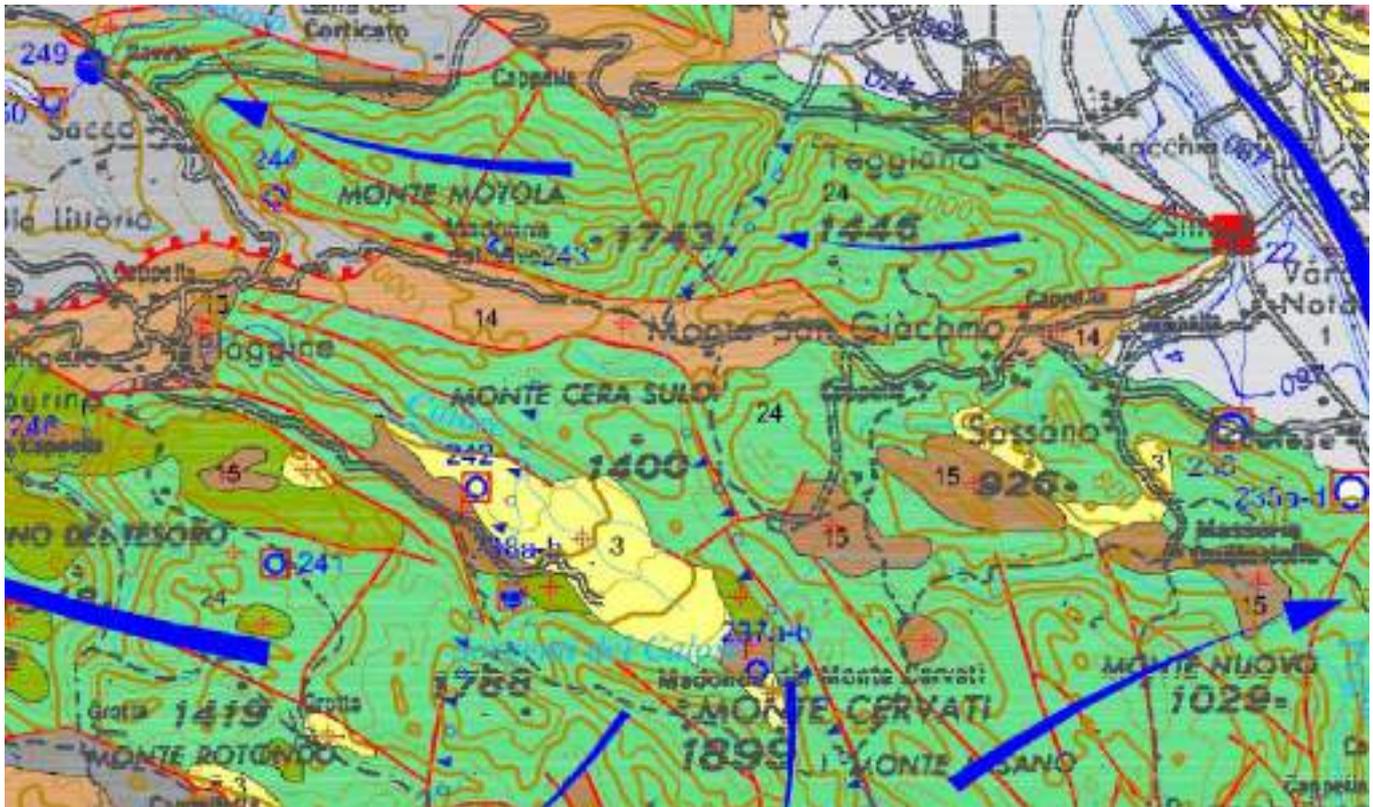


Figura 11 – Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale scala 1:250.000  
(Allocca et al., 2007)

### ACQUIFERI CARBONATICI

#### STRUTTURA IDROGEOLOGICA DEL MONTE MOTOLA

Il rilievo del Monte Motola è una struttura carbonatica costituita da calcari dolomitici e calcari appartenenti all'Unità stratigrafico – strutturale Alburno – Cervati – Pollino. I margini della struttura (il margine meridionale per quanto riguarda il territorio di Piaggine) corrispondono ad importanti discontinuità tettoniche, che mettono in contatto i carbonati con i depositi impermeabili o poco permeabili delle unità litostratigrafiche mioceniche ed i terreni dell'Unità Sicilide della Valle del Calore. Per l'elevato grado di permeabilità per fratturazione e carsismo dei litotipi calcarei, la struttura del Monte Motola è caratterizzata da una ingente circolazione idrica sotterranea di tipo basale, il cui deflusso è condizionata da contatti ben definiti con i terreni dotati di minore permeabilità.



Le discontinuità tettoniche trasversali alla dorsale carbonatica, con direzione E – O, possono svolgere una funzione parzialmente tamponante sul deflusso idrico sotterraneo, provocando, in corrispondenza dei piani di faglia, l'innalzamento della superficie piezometrica (Celico, 1978; 1983 e Celico et al., 1996).

E' il caso della sorgenti che emergono, nel territorio di Piaggine, lungo il bordo meridionale del Monte Motola interessato da una grande faglia bordiera con direzione SE – NW che mette a contatto i terreni carbonatici con i terreni dell'Unità Sicilide della Valle del Calore. Le sorgenti si inquadrano nell'ambito di una circolazione idrica sotterranea superficiale che avviene nella parte più fratturata nell'ammasso carbonatico e nella coltre detritica carbonatica, affiorante al bordo meridionale della struttura. Si tratta della sorgente di M. Vivo caratterizzata da una portata di circa 0.006 m<sup>3</sup>/s (6 l/s) e della sorgente del Trifoglio con portata media di circa 0.00125 m<sup>3</sup>/s (1.25 l/s).

#### **STRUTTURA IDROGEOLOGICA DEL MONTE CERVATI**

L'unità idrogeologica del Monte Cervati è costituita in prevalenza da rocce calcaree dell'unità stratigrafico – strutturale Alburno – Cervati – Pollino. Essa è delimitata ad est dalla depressione morfostrutturale del Vallo di Diano, a nord – est da una faglia inversa, con componente trascorrente, che la separa dalla struttura idrogeologica del Monte Motola.

I margini nord – occidentali e meridionali della struttura sono marcati da contatti tettonici con i terreni poco permeabili o impermeabili delle unità strutturali mioceniche e dei terreni dell'Unità Sicilide della Valle del Calore.

All'interno del massiccio carbonatico è stato riconosciuto uno schema di circolazione molto articolato: una falda di base con diverse direzioni di flusso in relazione alla presenza di importanti discontinuità tettoniche che suddividono il massiccio carbonatico in più blocchi ed una circolazione superficiale resa possibile dalle discontinuità idrogeologiche, tipiche dei massicci carbonatici, che formano delle falde sospese aventi recapito in sorgenti a regime variabile. Nel territorio comunale di Piaggine le sorgenti riferibili a tale fenomeno sono:

- 1) Acqua che suona – portata media: 0.010 m<sup>3</sup>/s (10 l/s);
- 2) Savucco – portata media: 0.006 m<sup>3</sup>/s (6 l/s);
- 3) Calore I – portata media: 0.058 m<sup>3</sup>/s (58 l/s);
- 4) Calore II – portata media: 0.041 m<sup>3</sup>/s (41 l/s);



## ACQUIFERI DELLE SUCCESSIONI DI BACINO

Nel territorio comunale di Piaggine le successioni di bacino sono ascrivibili all'Unità Sicilide della Valle del Calore, alle Unità litostratigrafica sin e post orogene ed all'Unità litostratigrafica di Castelnuovo Cilento.

I terreni ascrivibili a tali successioni sedimentarie costituiscono degli acquiferi che in genere rivestono una importanza bassa o nulla ai fini degli schemi acquedottistici regionali. Difatti, l'alternanza di litotipi a diversa competenza come termini litoidi (areniti calcaree e/o silicoclastiche) intercalati a litotipi argillitici determina un grado di permeabilità relativa generalmente variabile da scarso ad impermeabile ed un tipo di permeabilità misto, per fessurazione nei termini litoidi e per porosità e fessurazione nei termini argillitici.

Il grado di permeabilità, inoltre, è fortemente condizionato dall'assetto strutturalmente complesso che determina oltre ad un'alternanza ritmica dei litotipi anche una giustapposizione caotica tra gli elementi, rendendo la permeabilità bassa, per l'estrema diffusione dei termini argillitici.

Per quanto detto, la permeabilità di tali successioni risulta essere relativamente più elevata in prossimità del piano di campagna, dove la maggiore alterazione e fessurazione, unita alla presenza di depositi eluviali e colluviali a permeabilità relativamente superiore consente l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea poco profonda.

Tale circolazione si esplica mediante falde idriche sotterranee poco profonde, spesso discontinue, il cui andamento spaziale, rispecchia l'andamento della superficie topografica.

### 9.1 CARTA IDROGEOLOGICA

Sono stati riconosciuti, per le caratteristiche litologiche e strutturali del territorio, i seguenti complessi idrogeologici:

- **Complesso alluvionale:** depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini sabbiosi. Tipo di permeabilità per porosità e grado di permeabilità medio.

(Conducibilità idraulica  $10^{-1} > K > 10^{-4}$  cm/s; 30 % <C.I.P.<70 %);

- **Complesso arenaceo - conglomeratico:** torbiditi arenaceo - conglomeratiche. Tipo di permeabilità per porosità e fessurazione e grado di permeabilità medio.

(Conducibilità idraulica  $10^{-1} > K > 10^{-4}$  cm/s; 30 % <C.I.P.<70 %);

- **Complesso argilloso - calcareo:** complesso a prevalente composizione argillosa con termini litoidi calcarei e calcareo - marnosi. Tipo di permeabilità per porosità e fessurazione e grado di permeabilità globalmente impermeabile. (Conducibilità idraulica  $10^{-7}$  cm/s  $> K$ ; 0 % <C.I.P.<10 %);



- **Complesso calcarenitico - marnoso di transizione:** successioni calcaree costituite prevalentemente da calcareniti e calcilutiti con intercalazioni di livelli marnosi. Tipo di permeabilità per fessurazione e grado di permeabilità medio. (Conducibilità idraulica  $10^{-1} > K > 10^{-4}$  cm/s; 30 % <C.I.P.<70 %);
- **Complesso calcareo:** successioni di calcari dolomitici, calcareniti e calcilutiti. Tipo di permeabilità per carsismo e fessurazione. Grado di permeabilità elevato. (Conducibilità idraulica  $K > 10^{-1}$  cm/s; 70 % <C.I.P.< 10 %);
- **Complesso dei depositi epiclastici continentali:** depositi clastici spesso cementati, derivanti dal trasporto gravitativo di breve percorso. Tipo di permeabilità per porosità e grado di permeabilità medio. (Conducibilità idraulica  $10^{-1} > K > 10^{-4}$  cm/s; 30 % <C.I.P.<70 %);
- **Complesso delle coltri eluvio - colluviali e dei corpi di frana:** detrito eterometrico ed eterogeneo disposto caoticamente in matrice argilloso - sabbioso-limosa. Tipo di permeabilità per porosità e grado di permeabilità da scarso a medio in relazione alla granulometria dei depositi;
- **Complesso delle successioni arenaceo-calcareo-pelitiche:** successioni torbiditiche costituite da alternanze ritmiche arenaceo - pelitiche, calcareo - pelitiche, arenacee e calcareo - marnose. Tipo di permeabilità misto per fessurazione e per porosità ed un grado di permeabilità scarso. (Conducibilità idraulica  $10^{-4} > K > 10^{-7}$  cm/s; 10 % < C.I.P.< 30 %);
- **Complesso delle successioni pelitico-calcaree:** successioni torbiditiche costituito da termini pelitico - marnosi e subordinatamente calcarei ed arenacei. Tipo di permeabilità variabile tra porosità e fessurazione e grado di permeabilità scarso.(Conducibilità idraulica  $10^{-4} > K > 10^{-7}$  cm/s; 10 % < C.I.P.< 30 %);



## 10. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' A FRANARE NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)

### 10.1 METODI PRESENTI IN LETTERATURA

La suscettibilità a franare viene definita come il grado di predisposizione di un territorio in funzione delle sue caratteristiche naturali (morfologia, litologia, assetto strutturale, ecc.) o antropiche (convogliamento delle acque, uso del suolo, presenza di interventi e loro grado di manutenzione, ecc..).

Le tecniche utilizzabili per la valutazione della suscettibilità a franare di un'area si possono suddividere in approcci qualitativi e approcci quantitativi (Soeters e Van Westen, 1996; Aleotti e Chowdhury, 1999).



Figura 12 – Metodologie per la valutazione spaziale della pericolosità da frana (modificato da Aleotti e Chowdhury, 1999)

I metodi qualitativi vengono descritti come metodi “esperti” (Leroi, 1996) o “diretti” (Hutchinson, 1995) o, anche “euristici” (Soeters e Van Westen, 1996). In tali metodi è possibile inserire le analisi geomorfologiche di campagna che rappresentano, probabilmente, il primo gruppo di approcci messi a punto in ordine di tempo (tra la fine degli anni 60 e inizi anni 70). La sovrapposizione meccanica di carte tematiche opportunamente indicizzate pur rientrando negli approcci di tipo qualitativo rappresentano l’anello di congiunzione con le tecniche di tipo quantitativo (Amadesi e Vianello, 1978; Stevenson, 1977). Tali tecniche presentano una certa soggettività connessa ai valori dei pesi da attribuire alle varie classi prese in considerazione (del resto lo stesso avviene con la selezione dei fattori discriminanti subordinata ad una certa conoscenza del dominio di applicazione).



I metodi quantitativi si possono sostanzialmente dividere in approcci statistici e approcci deterministici. L'analisi statistica dei parametri ritenuti discriminanti nel determinare l'innescò di fenomeni gravitativi consente di superare l'ostacolo connesso all'attribuzione "personale" dei pesi.

L'analisi statistica bivariata (van Westen, 1997; Cevik & Topal, 2003; van Westen et al., 2003; Suzen & Doyuran, 2004; Yalcin, 2008; Nandi & Shakoor, 2009) consiste nel raffronto tra le varie mappe tematiche e la carta della distribuzione delle frane: nell'ambito di ogni fattore, il peso da attribuire alle singole classi viene definito sulla base della densità dei dissesti in esse riscontrato. Tali tecniche hanno avuto un'ampia diffusione tenendo conto di una grande varietà di fattori quali, la litologia e la pendenza (Guida et al., 1979), ma anche l'energia del rilievo, l'uso e la copertura del suolo (Bortolami et al., 1994; Hastie, 1990), la distanza da strutture tettoniche, la densità di drenaggio (Meherota et al., 1994), la morfologia del rilievo (Sorriso Valvo et al., 1996), la vicinanza a corsi d'acqua (Choubey et al., 1992), l'esposizione (Aleotti et al., 1996b).

I modelli statistici multivariati calcolano, invece, il contributo di ogni fattore significativo nel determinare un determinato quadro di pericolosità/rischio all'interno delle diverse celle elementari in cui il territorio in esame è stato suddiviso. Il primo passo da eseguire è quello di suddividere l'area di studio in celle elementari che possono essere a maglia regolare (Carrara et al., 1978; Carrara, 1983,1988) o di tipo morfometrico (Carrara et al., 1991, 1992). Tra i fattori che devono essere inclusi nella procedura, oltre a quelli relativi alle caratteristiche delle frane presenti (tipologia, dimensioni, stato di attività, ecc..) e quelli di carattere più generale (litologia, caratteri morfometrici dei versanti, uso del suolo e così via) devono essere incluse tutte le informazioni afferenti la loro georeferenziazione. Pertanto dalla sovrapposizione della carta delle frane con quella delle celle elementari in cui è stato sezionato il territorio sarà possibile ottenere la suddivisione tra celle elementari stabili e instabili. Combinando quindi le carte tematiche realizzate con la carta delle celle elementari si ottiene una grande matrice di assenza/presenza. Tale matrice verrà poi analizzata utilizzando un'analisi statistica di tipo regressivo (Carrara, 1983; Carrara et al., 1990) o discriminante (Bernkopf et al., 1988) o anche entrambe nell'ambito del medesimo progetto (Baldi et al., 1990; Carrara, 1983).

Gli approcci deterministici invece utilizzano nell'ambito della valutazione della pericolosità a franare l'analisi di stabilità dei pendii dal punto di vista ingegneristico con il calcolo, ad esempio, di un fattore di sicurezza.



**10.2 METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' A FRANARE NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)**

Per determinare la suscettibilità a franare del territorio comunale di Ogliastro Cilento si è utilizzato il metodo (Amadesi e Vianello, 1978)

In tale metodologia, che ha subito nel tempo alcune modifiche non sostanziali, i fattori ritenuti responsabili della instabilità sono la litologia, la pendenza dei versanti, la giacitura degli strati e l'uso del suolo. Ad ogni fattore di instabilità considerato vengono assegnati pesi diversi, costituiti da numeri interi, in base all'esperienza dell'Autore. I pesi assumono valori crescenti con l'aumentare dell'influenza del fattore sulla stabilità. Sovrapponendo i primi tre fattori (litologia, pendenza dei versanti e giacitura degli strati) ed effettuando la somma algebrica dei pesi attribuiti si ottiene la carta della stabilità potenziale dei versanti. La fase successiva consiste nel sovrapporre la carta della stabilità potenziale al tematismo uso del suolo in modo da ottenere la carta della stabilità dei versanti. Per ogni fattore d'influenza considerato si è realizzato una carta tematica utilizzando il software GFOSS (Geographic Free Open Source Software) QGIS Bucaresti. Successivamente, in accordo con il metodo adottato, sempre mediante il software free Qgis Bucaresti, si è proceduto alla sovrapposizione dei vari fattori considerati ottenendo così la carta della stabilità finale dei versanti.

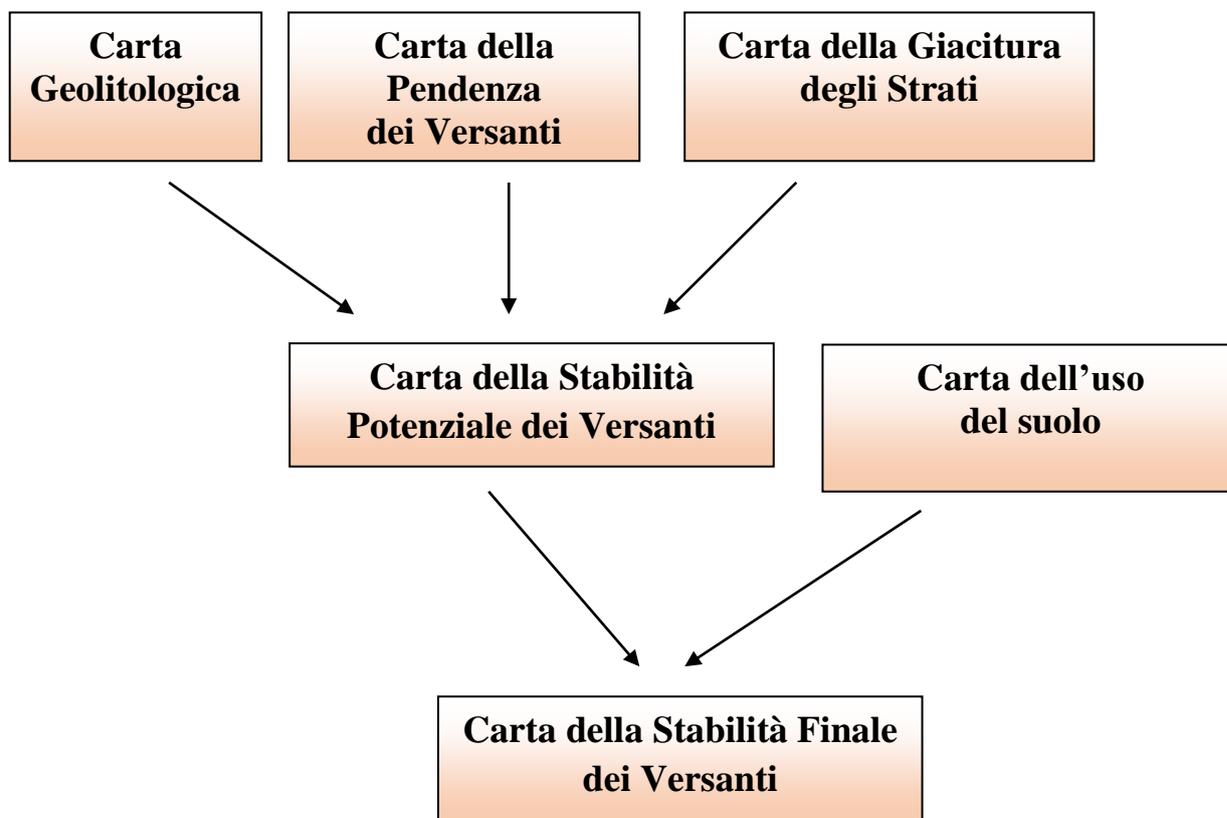


Figura 13 – Diagramma di flusso utilizzato per la redazione della carta della stabilità (Amadesi e Vianello, 1978)



### 10.3 APPLICAZIONE DEL METODO NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)

#### 10.3.1 CARTA GEOLITOLOGICA

Per stabilire il valore d'influenza delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti in una determinata area sulla stabilità della stessa, si è adottata la classificazione delle rocce, basata sulla resistenza all'erosione e alla traslazione, proposta dalla Commissione Inteministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo. La distinzione di fondo, contemplata in questa classificazione è fra rocce coerenti, incoerenti, pseudocoerenti e semicoerenti. Per rocce coerenti si intendono i cosiddetti materiali lapidei; si tratta di rocce caratterizzate, in generale, da valori elevati della resistenza meccanica e del modulo di elasticità, caratteristiche non influenzabili dal contatto più o meno prolungato della roccia con l'acqua. Quanto detto, naturalmente, vale per la roccia sana, non per quella alterata o intensamente fratturata e fessurata. Le rocce incoerenti sono invece rappresentate da quei materiali sciolti (facilmente separabili nei loro grani costituenti per mezzo di una semplice agitazione meccanica o per immersione in acqua) che hanno coesione uguale a zero. Per rocce pseudocoerenti e semicoerenti si intendono quelle con caratteristiche fisico – meccaniche intermedie rispetto alle rocce considerate in precedenza. In base a tale classificazione i litotipi presenti nel territorio Piaggine (Sa) presentano i seguenti valori di influenza per quanto riguarda la stabilità:

<b>Classificazione delle rocce adottata dal Metodo Amadesi et al. (1978) e proposta dalla “Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo (III Sottocommissione)”</b>	<b>Litologia</b>	<b>Sigla litotipo sulla carta geolitologica</b>	<b>Valore di influenza o peso ai fini della stabilità<sup>1</sup></b>
Roccia coerente stratificata	Calcilutiti, calcari e dolomie in strati medi e spessi	CRQ, RDT	9
Roccia coerente con sottili interstrati di roccia semicoerente o pseudocoerente	Calcareniti, calciruditi e calcareniti con livelli di marne e argille	TRN, FCE	8

<sup>1</sup> valori di influenza o pesi alti indicano una bassa influenza rispetto alla franosità mentre pesi o valori di influenza bassi corrispondono ad una elevata influenza sulla franosità potenziale



Roccia coerente e pseudocoerente a strati alternati	Arenarie torbiditiche alternate a torbiditi calcareo-marnose con base calcarenitica, torbiditi marnoso - calcareo e marnoso – arenaceo in strati da medi a spessi, arenarie torbiditiche alternate ad argille rossastre	TNC, ABA, PGN <sub>3</sub>	6
Roccia incoerente	Coltre di alterazione e colluvioni, alluvioni recenti ed attuali, detriti di versante	b <sub>a</sub> , b <sub>7</sub> , a, b <sub>2</sub> , a <sub>3a</sub> , BVV, PGN <sub>1</sub>	5
Roccia pseudocoerente con sporadiche intercalazioni di rocce coerenti	Argilliti scagliose con intercalazioni arenacee, argille siltose con intercalazioni arenacee, argille in strati spessi con intercalazioni arenacee	GSO, PGN <sub>2</sub> , BIF, FMS	2
Roccia incoerente priva di qualunque struttura in condizione di indifferenziato caotico	Depositi di frana, depositi di debris flows, till indifferenziato, detriti di versante con disposizione caotica, argilliti ed argille a struttura caotica con intercalazioni di marne e calcareniti con stratificazione raramente conservata, fascia cataclastica, zone di taglio	a <sub>1a</sub> , a <sub>1b</sub> , b <sub>4</sub> , c <sub>1</sub> , a <sub>3b</sub> , ALV, ZDT, fc	1

Tabella 3 – Coperture detritiche e unità litostratigrafiche presenti nel territorio comunale di Piaggine

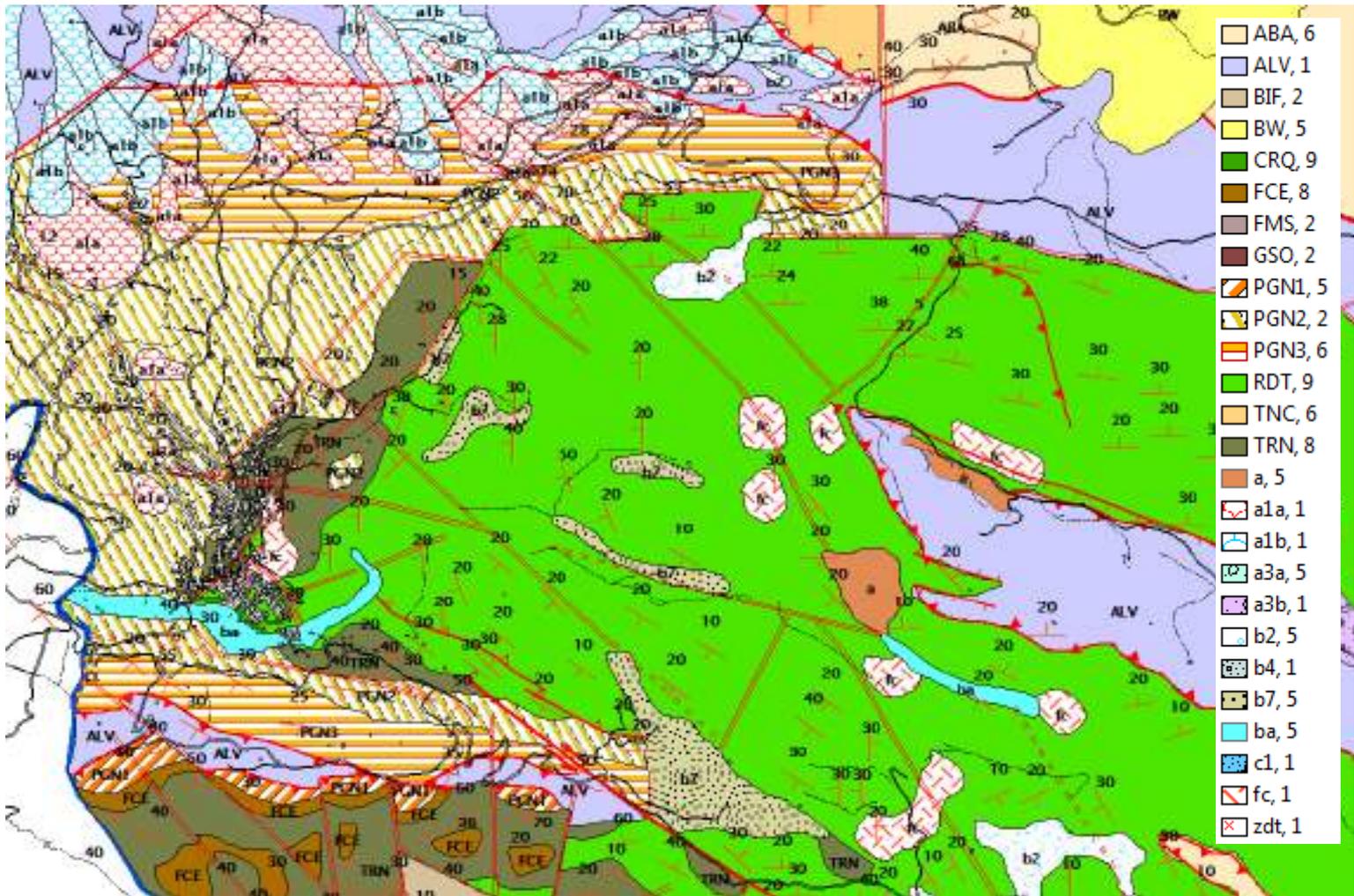


Figura 14 – Stralcio Carta Geolitologica con indicazione dei pesi utilizzati

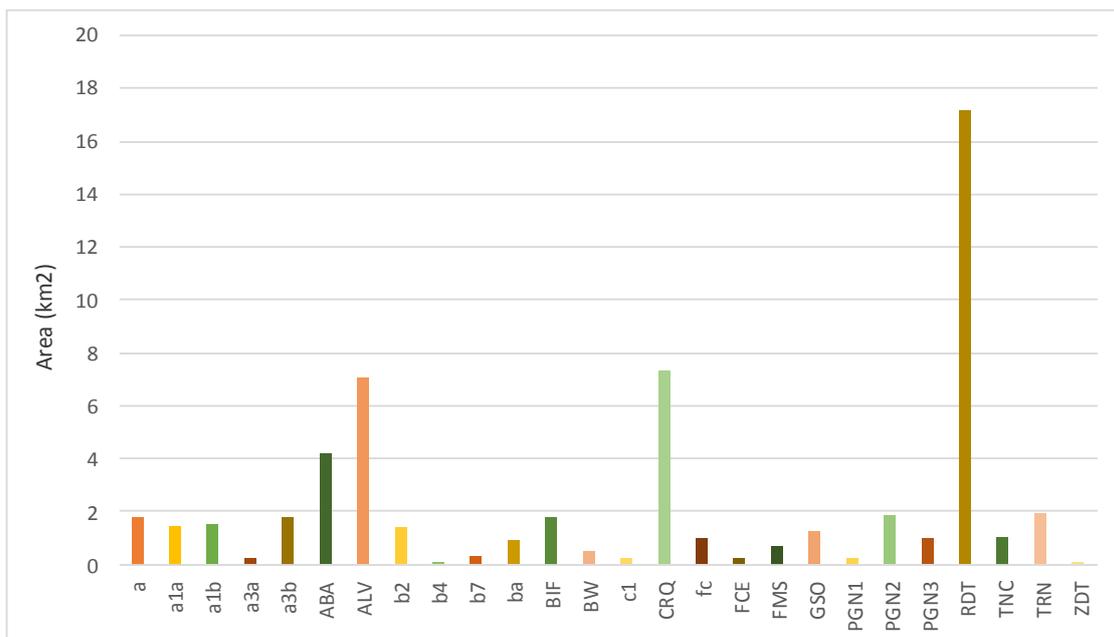


Figura 15 – Distribuzione areale dei litotipi



**10.3.2. CARTA DELLA PENDENZA DEI VERSANTI**

In genere un progressivo aumento della pendenza di un versante corrisponde ad un aumento del suo grado di instabilità. Una maggiore inclinazione del versante favorisce l’erosione superficiale e quindi la facilità di trasporto a valle dell’acqua; tale fenomeno dovuto alla gravità, determina il trasporto di porzioni di suolo, di materiale detritico, di frammenti litologici distaccatasi dalla roccia in posto. La carta della pendenza dei versanti è stata realizzata con il software open source QGis Bucaresti, mediante una procedura automatica che prevede come fase iniziale la creazione del DEM (Digital Elevation Model) a partire dalle curve di livello, dai punti quotati e dagli impluvi presenti in forma numerica nelle carte tecniche regionali in scala 1:5000.

I valori ottenuti con la procedura automatica sono stati raggruppati nelle seguenti classi, di seguito elencate con i corrispondenti valori d’influenza sulla stabilità:

<b>Classi di pendenza</b>	<b>Valore di influenza o peso ai fini della stabilità</b>
0 – 10 %	+2
10 % - 20 %	+1
20 % - 35 %	0
35 % - 50 %	-1
50 % – 70 %	-2
> 70 %	-3

Tabella 4 – Classi di pendenza dei versanti e relativi pesi

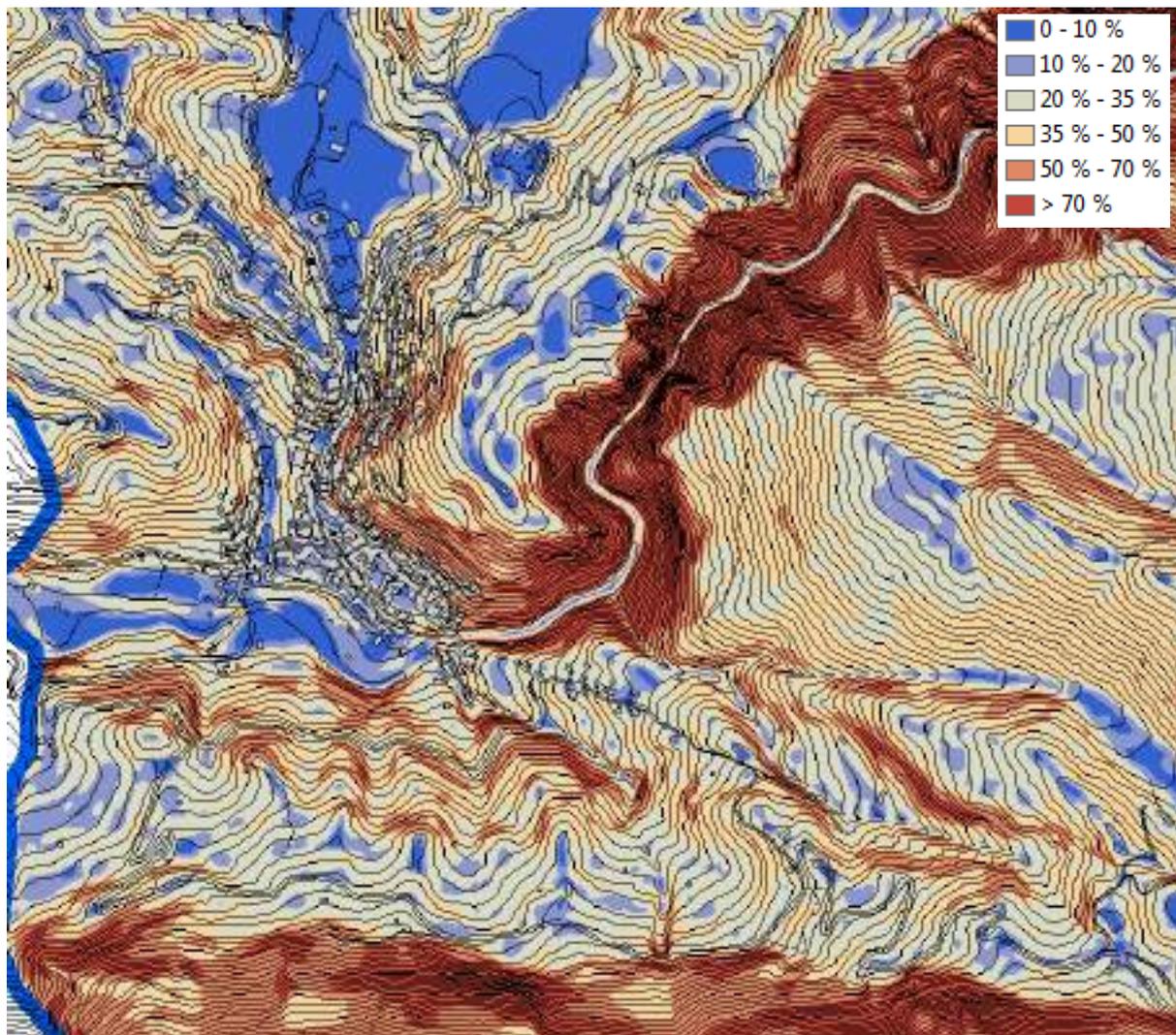


Figura 16 – Stralcio Carta della Pendenza dei Versanti

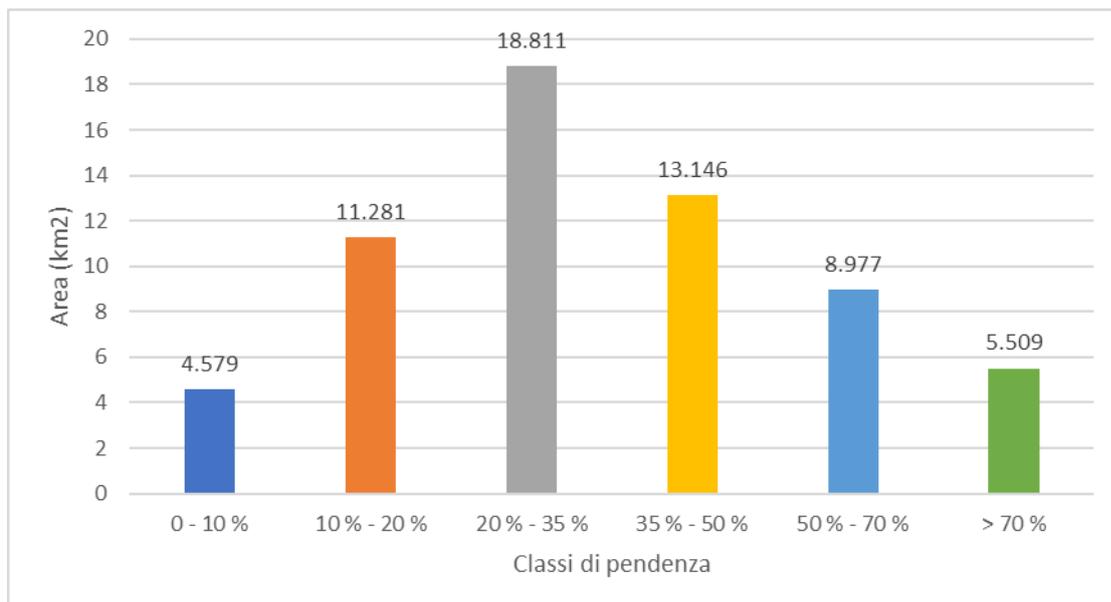


Figura 17 – Distribuzione areale delle classi di pendenza

### 10.3.3. CARTA DELLA GIACITURA DEGLI STRATI

Tale elaborato è stato realizzato utilizzando la procedura proposta da Clerici A. descritta nell'articolo "La realizzazione di una carta della stabilità dei versanti mediante l'uso di un sistema d'informazione geografica" pubblicato su Geologia Tecnica & Ambientale n. 4/93.

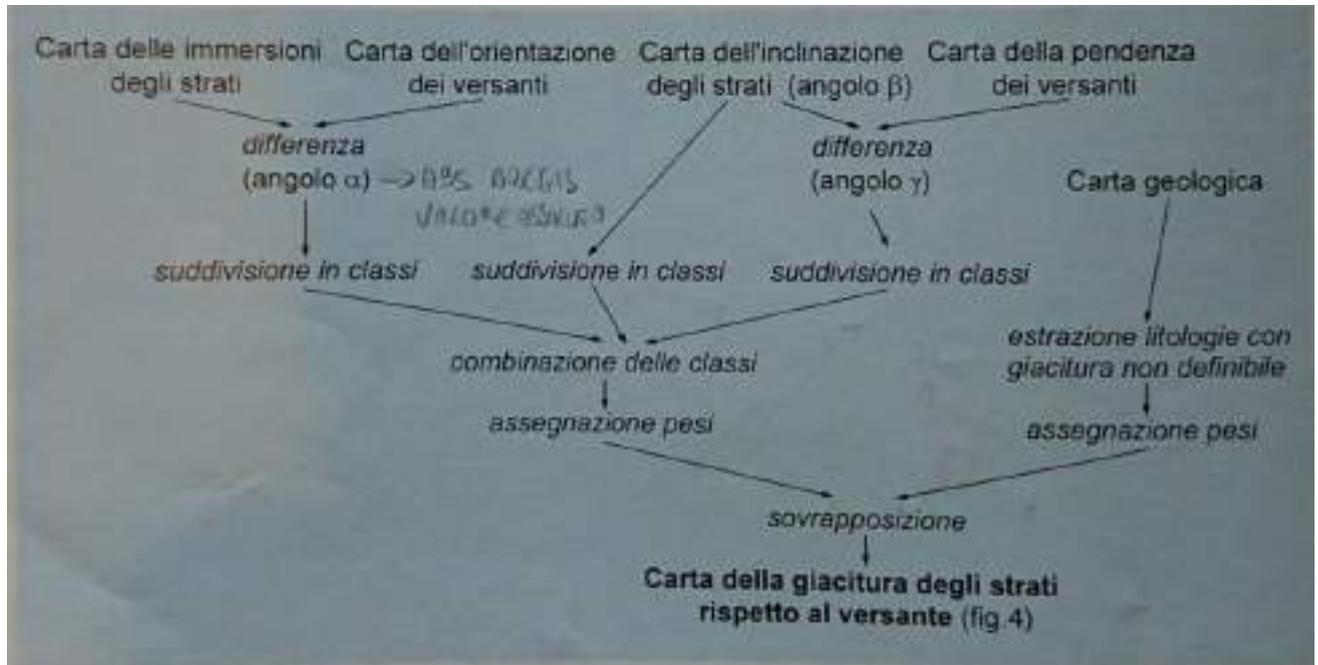


Figura 18 – Schema riassuntivo proposto nell'articolo di Clerici A. per la realizzazione della carta della giacitura degli strati

### CARTA DELLE IMMERSIONI DEGLI STRATI

Si è proceduto a riportare la misura delle giacitura degli strati presenti nell'area. Tali misure in parte sono state rilevate direttamente in campagna e in parte derivate dai punti presenti sulla carta geologica regionale in scala 1:25000. L'immersione degli strati, per quanto riguarda i dati presenti sulla carta geologica, è deducibile dall'orientazione dell'apposito simbolo convenzionale, mentre l'inclinazione, in gradi, è espressa da un valore numerico in prossimità del simbolo stesso. Pertanto si è proceduto a ricavare il valore numerico dell'immersione direttamente sulla carta geologica mediante un goniometro, assumendo come origine il Nord e procedendo in senso orario da 0 a 360°. I valori così ottenuti sono stati digitalizzati ottenendo un primo elaborato vettoriale con i valori di immersione.

Per procedere alla rasterizzazione dell'elaborato è stato necessario calcolare il seno e il coseno dei valori di immersione misurati. Il rapporto tra i due elaborati ha permesso il calcolo della tangente, la cui funzione inversa, l'arcotangente, rappresenta l'immersione espressa in gradi.

Tale procedimento, però, produce dei valori angolari ridotti al primo quadrante, cioè compresi tra 0° e 90°. È stata quindi necessaria un'ulteriore trasformazione in funzione del quadrante di appartenenza, individuabile dai segni delle funzioni seno e coseno precedentemente calcolate, per ottenere un elaborato con i valori di immersione corretti. Per tutte le trasformazioni descritte sono previste, apposite funzioni in QGIS Bucaresti, per cui l'intero procedimento risulta di rapida esecuzione.



### CARTA DELL'INCLINAZIONE DEGLI STRATI

Tale tematismo è stato ottenuto mediante l'interpolazione dei valori digitalizzati. I valori di inclinazione ottenuti sono stati suddivisi nelle cinque classi indicati in tabella 2, in corrispondenza della variabile  $\beta$ .

### ORIENTAZIONE ( O IMMERSIONE) DEI VERSANTI

L'orientazione del versante è l'angolo che il vettore di massima pendenza in un punto del versante forma con la direzione del Nord. In QGis Bucaresti esiste un'apposita funzione per il calcolo di questa caratteristica partendo dall'elaborato contenente i dati altimetrici. I valori risultano espressi in gradi, da 0 a 360, con origine in direzione del nord.

Una volta ottenuti gli elaborati sopra descritti è stato possibile calcolare i valori di  $\alpha$  e  $\gamma$ . Il primo deriva dalla differenza fra i due elaborati dell'immersione degli strati e dell'orientazione dei versanti. I valori ottenuti sono stati suddivisi nelle quattro classi di tabella 2.

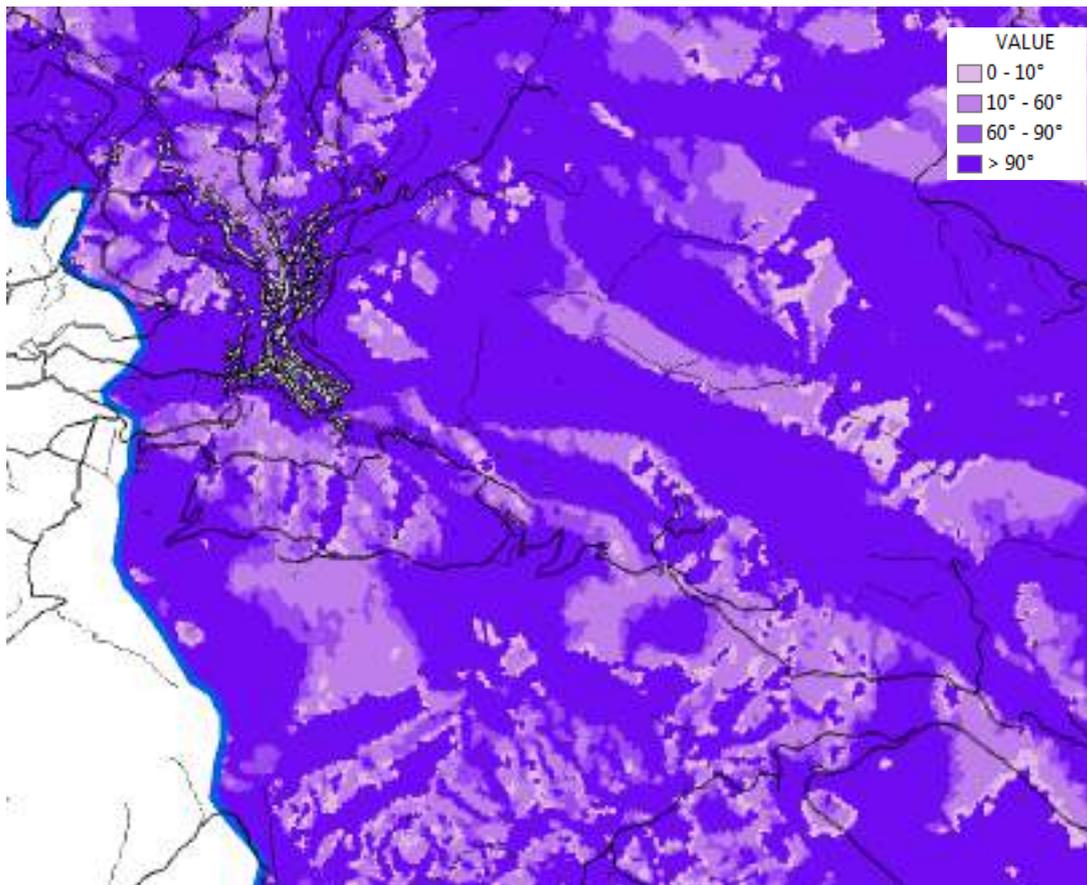


Figura 19 – Stralcio elaborato angolo  $\alpha$  (immersione degli strati – orientazione dei versanti)



Per definire l'angolo  $\gamma$  si è effettuata la differenza tra l'inclinazione degli strati e l'inclinazione dei versanti. A secondo del segno, i valori ottenuti sono stati quindi suddivisi nelle due classi che né contraddistinguono le condizioni di franapoggio ( $\gamma < 0$ ) e di contropoggio ( $\gamma > 0$ ).

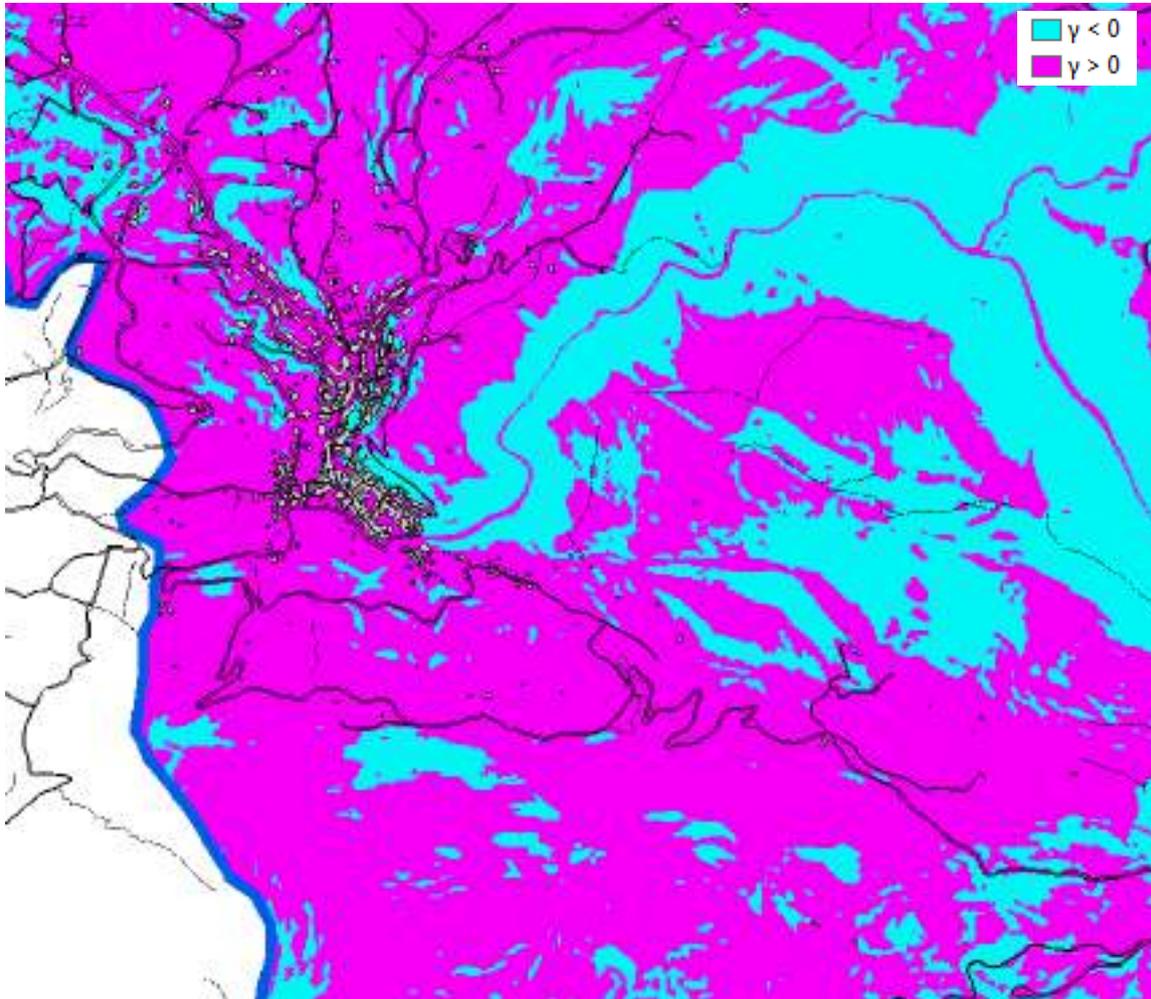


Figura 20 – Stralcio elaborato angolo  $\gamma$  (inclinazione degli strati – inclinazione dei versanti)

I tre elaborati contenenti i parametri  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  sono stati infine combinati per definire le diverse classi di tabella 2 a ciascuna delle quali è stato attribuito il peso relativo.

Naturalmente è stato assegnato un peso anche alle litologie per le quali non sono definibili le condizioni di giacitura. Fra le quali rientrano nell'area esaminata, le argille varicolori (peso 1), le coperture detritiche quaternarie (peso 5) ed i corpi di frana quiescenti ed attivi (peso 1). Inoltre in corrispondenza delle aree in cui si sono verificati fenomeni tettonici di notevole intensità quali grandi linee di dislocazione, faglie, fratture, linee di sovrascorrimento, aree interessate da sistemi di discontinuità con orientazioni diverse tali da scompaginare il substrato litologico (fasce cataclastiche, zone di taglio) e alle zone caratterizzate da strati



intensamente pieghettati, arricciati e spesso con giacitura rovesciata è stato assegnato un peso pari a 2.

$\beta \downarrow$	$\alpha \rightarrow$	0° - 10°	10° - 60°	60° - 90°	> 90°
5° - 30°	$\gamma < 0$	5	7	10	11
	$\gamma > 0$	9	9	9	11
30° - 60°	$\gamma < 0$	3	6	9	11
	$\gamma > 0$	9	9	9	11
60° - 70°	$\gamma < 0$	9	9	9	11
	$\gamma > 0$	9	9	9	11

Tabella 5 – Pesi assegnati alle varie condizioni di giacitura degli strati rispetto al versante, definite dalle combinazioni dei parametri  $\alpha$ , angolo tra l’immersione degli strati e l’orientazione dei versanti;  $\beta$ , inclinazione degli strati; e  $\gamma$ , differenza tra inclinazione degli strati e pendenza del versante. I pesi sono stati utilizzati per la realizzazione della Carta della giacitura degli strati rispetto al versante, riportata in figura 19

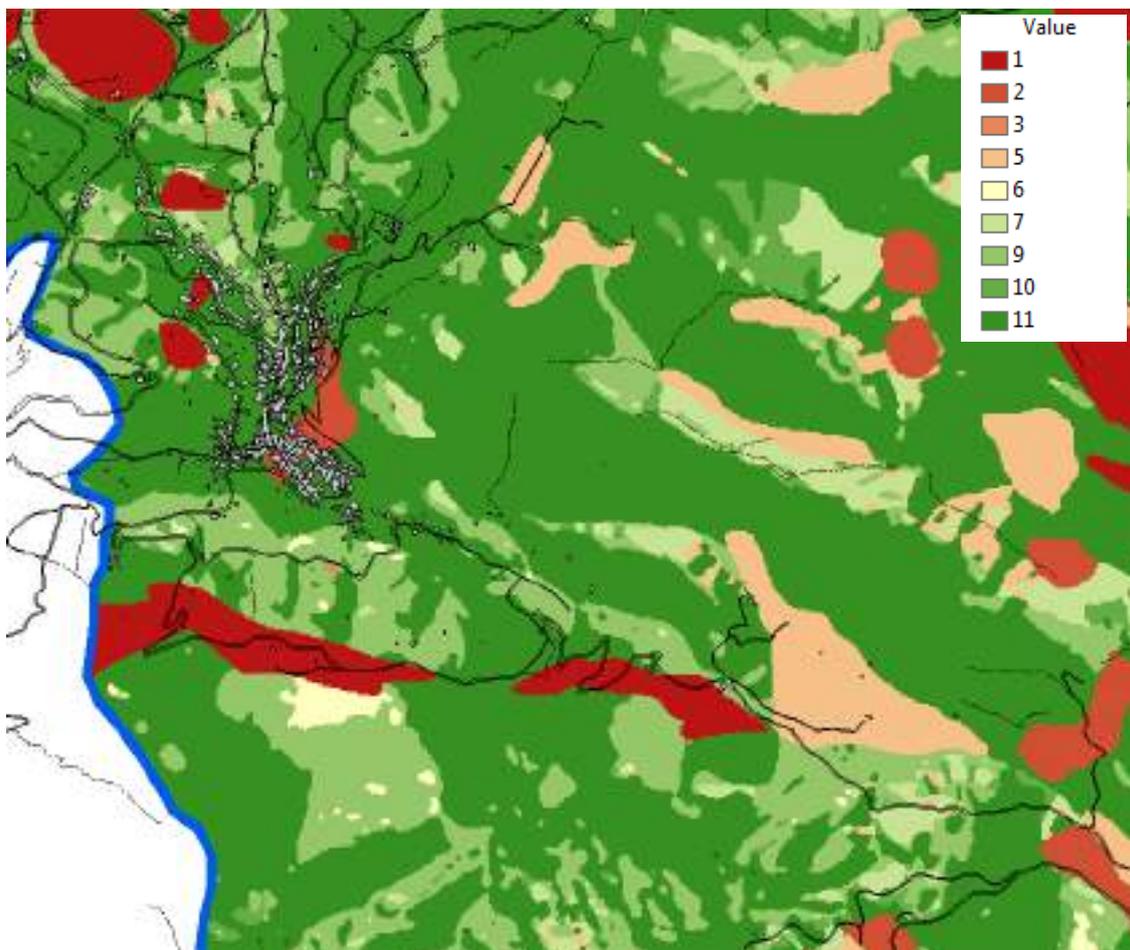


Figura 21 – Stralcio della Carta della giacitura degli strati rispetto al versante



**10.3.4. CARTA DELL'USO DEL SUOLO**

Sulla stabilità di un versante ha una importanza determinante l'azione antropica in grado di innescare, con incisioni del pendio eseguite senza la necessaria cautela, con inadeguate regimazioni delle acque superficiali e profonde, con urbanizzazioni intensive, fenomeni di dissesto in aree in equilibrio precario o anche stabili o da stabilizzare, con opere adeguate, aree dissestate. Anche la normale utilizzazione del suolo ai fini agricoli ha il suo peso ai fini della stabilità di un versante in quanto pendici impegnate a colture che richiedono continue e profonde lavorazioni offrono resistenza nulla o scarsa, a parità di condizioni, all'azione dei fattori dissestanti mentre pendici impegnate a bosco offrono la massima resistenza al degrado. Per quanto riguarda specificamente il territorio in oggetto, la distribuzione dell'uso reale del suolo, è la seguente:

Classificazione	Impedenza <sup>2</sup>	Valore di influenza o peso ai fini della stabilità
Cereali da granella autunno - vernini	Nulla	-2
Sistemi particellari e colturali complessi	Nulla	-2
Rocce nude ed affioramenti	Nulla	-2
Cespuglieti e arbusteti	Minima	-1
Colture temporanee associate a colture permanenti	Minima	-1
Aree con vegetazione rada	Minima	-1
Ambiente urbanizzato e superfici artificiali	Mediocre	0
Prati permanenti, prati pascoli e pascoli, prati avvicendati	Mediocre	0
Boschi di latifoglie	Buona	+1

Tabella 6 – Tipi di utilizzo del suolo presenti nel territorio comunale di Piaggine

<sup>2</sup> L'impedenza rappresenta il valore di protezione che una determinata coltura può esplicare nei confronti dell'erosione e della degradazione dei suoli

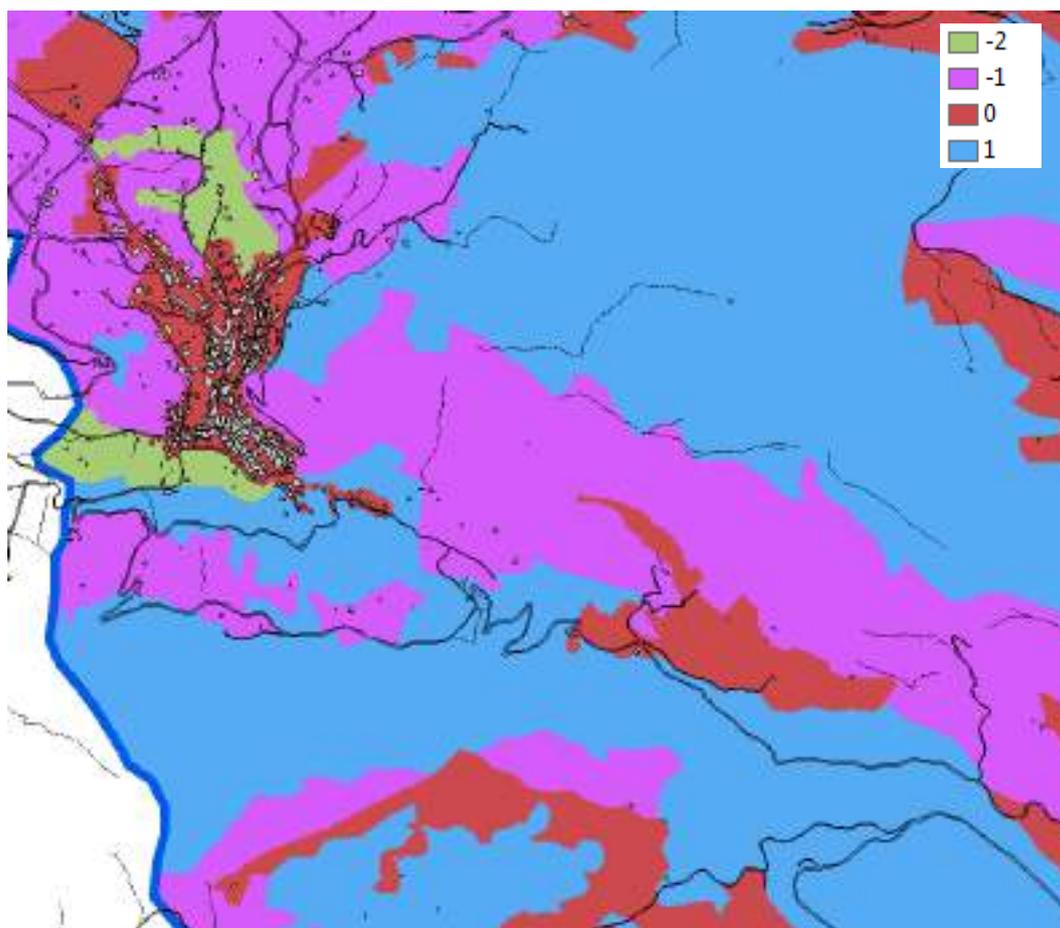


Figura 22 – Stralcio dell'impedenza ottenuta assegnando i pesi indicati in tabella 6 ai vari tipi di utilizzo del suolo



10.3.5. CARTA DELLA STABILITA' FINALE DEI VERSANTI

Una volta realizzati i tematismi di cui ai precedenti paragrafi (carta geolitologica, carta della pendenza dei versanti, giacitura degli strati e uso del suolo) è possibile giungere per successivi incroci o sovrapposizioni alla carta della stabilità dei versanti. Tali operazioni sono state effettuate mediante il software QGis Bucaresti . Tutte le operazioni sono state realizzate in formato grid, con celle aventi lato di 5 m. Il risultato di queste operazioni è la carta dell'instabilità dei versanti. La carta è stata ottenuta classificando in cinque classi i risultati della sommatoria dei pesi dei vari parametri per ogni singola cella.

Pesi	Classe di stabilità
da - 3 a 4	1 Massima Vocazione alla Instabilità
da 5 a 8	2 Forte Vocazione alla Instabilità
da 9 a 12	3 Media Vocazione alla Instabilità
da 13 a 16	4 Limitata Vocazione alla Instabilità
da 16 a 23	5 Vocazione alla Stabilità

Tabella 7 – Suddivisione dei pesi derivanti dalla somma dei fattori dell'instabilità nelle cinque classi utilizzate nella Carta della stabilità dei versanti di figura 21

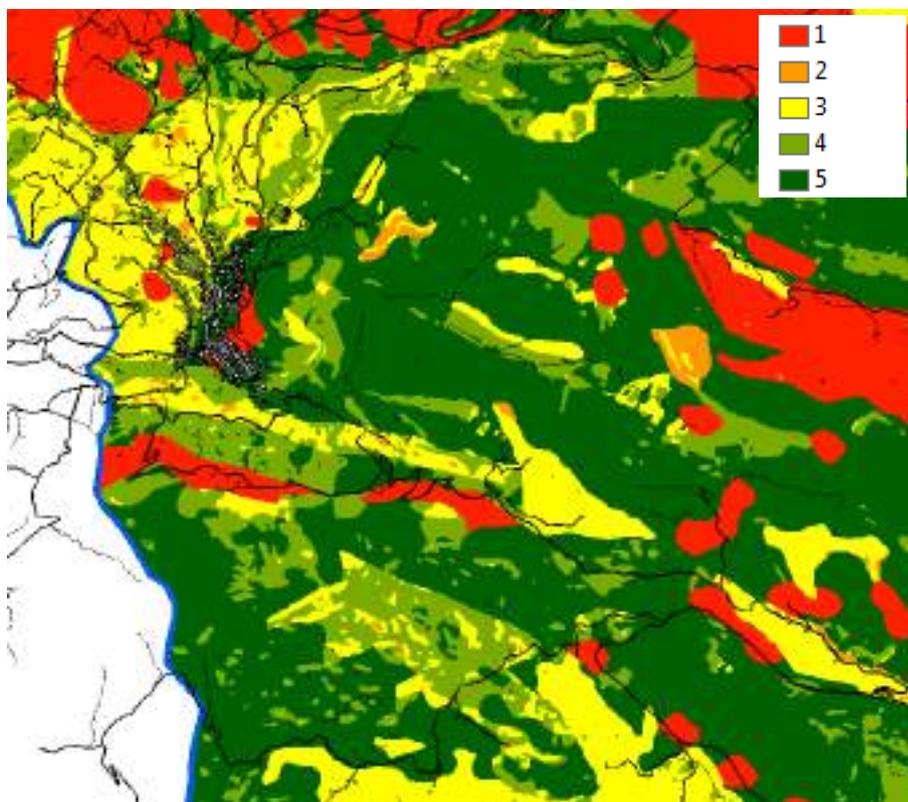


Figura 23 – Stralcio della Carta della stabilità dei versanti ottenuta sommando gli elaborati relativi ai fattori dell'instabilità. Le cinque classi di stabilità sono state definite secondo i criteri indicati in tabella 7

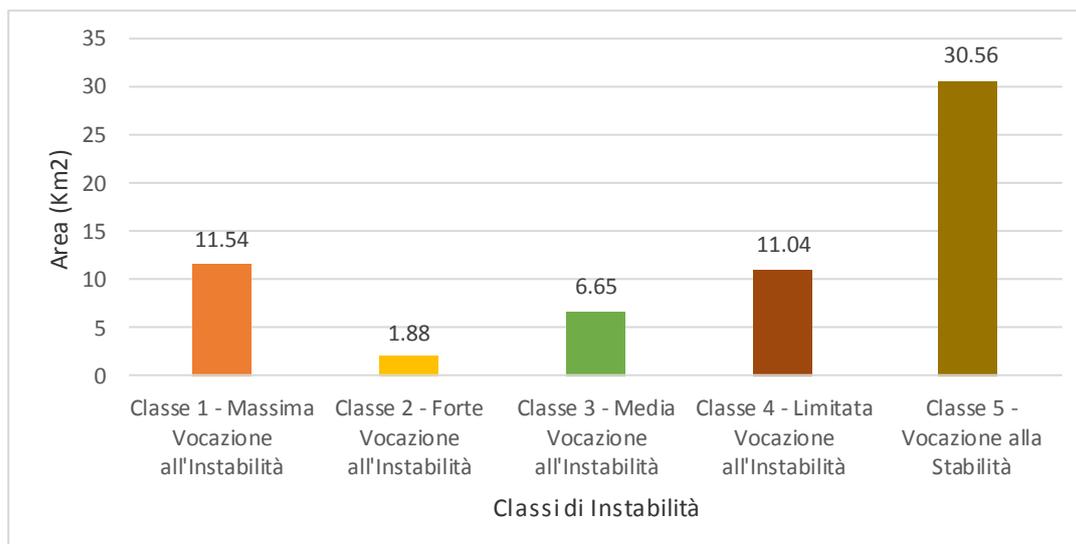


Figura 24 – Distribuzione areale delle classi di instabilità nel territorio comunale di Piaggine (Sa)

### 10.3.6 CARTA GEOMORFOLOGICA

Dallo studio delle fotoaeree e dal rilevamento geomorfologico di campagna è stato poi possibile cartografare le forme del terreno.

In particolare si sono individuati: 1) Elementi idrografici; 2) Elementi strutturali e tettonici; 3); 4) Forme, processi e depositi gravitativi; 5) Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali; 5) Forme carsiche

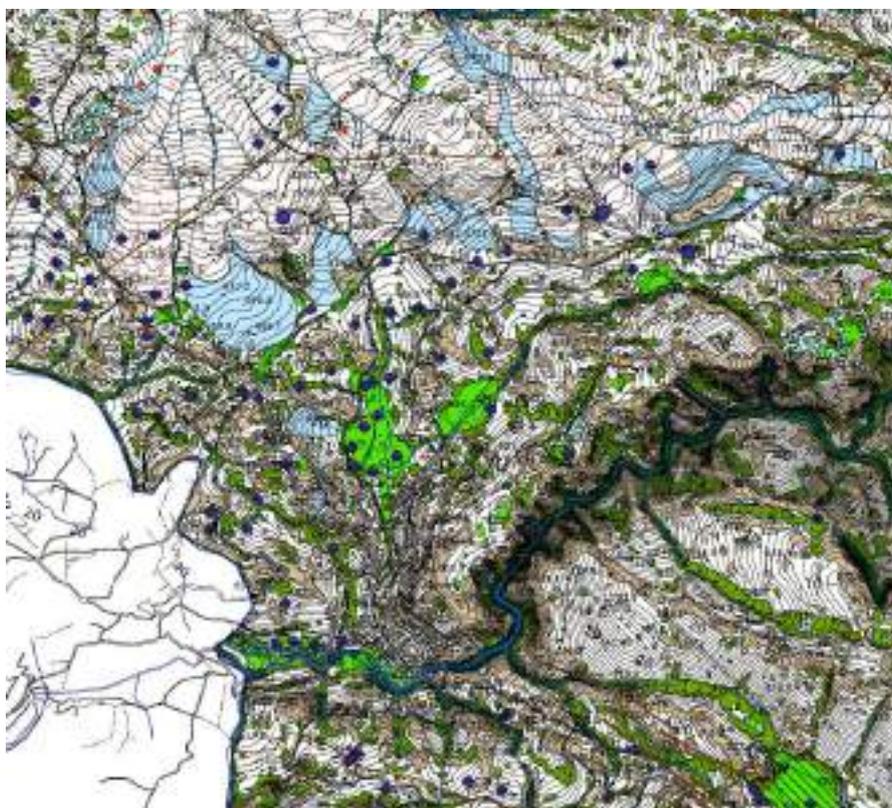


Figura 25 – Stralcio della Carta geomorfologica del territorio di Piaggine (Sa)



**FORME TETTONICHE E STRUTTURALI**

 Ripiano morfologico e crinale a debole pendenza

 Versante di faglia

 contatto tettonico con cinematica incerta

 faglia con cinematica incerta

 faglia diretta certa  
( i trattini indicano la parte ribassata)

 faglia inversa certa  
(i triangoli indicano il blocco ribassato)

 faglia presunta con cinematica incerta

 faglia trascorrente certa  
(le frecce indicano il senso di taglio)

 sovrascorrimento certo  
(i triangoli indicano la parte sovrascorsa)

25/ Giacitura degli strati

 Fascia cataclastica

 Zona di taglio

**FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'**

 Area soggetta a deformazione lenta e diffusa (attiva)

 Colamento lento - attivo

 Colamento lento - quiescente

 Colamento rapido - quiescente

 Scorrimento rotazionale - attivo

 Scorrimento rotazionale - quiescente

 Complesso - attivo

 Complesso - quiescente

 Area soggetta a crolli - quiescente

 Area soggetta a crolli - attiva

 Falda di detrito e conoide detritica

**FORME FLUVIO - TORRENTIZIE E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO**

 Depositi alluvionali

 Valle ad U

 Valle a V

 Depositi colluviali

**ELEMENTI IDROGRAFICI**

 Reticolo idrografico

 Pozzo

 Sorgente

**FORME CARSICHE**

 Dolina

**ELEMENTI TOPOGRAFICI**

 Spartiacque

Figura 26 – Forme presenti sul territorio comunale di Piaggine



10.3.7 CONDIZIONI CLIMATICHE ED ESPOSIZIONE DEI VERSANTI

L’influenza del clima sulla stabilità dei versanti è rappresentato dalla sua variazione rispetto all’altitudine. Ad un aumento del rilievo orografico si entra progressivamente in fasce climatiche diverse, a cui in genere corrisponde una temperatura sempre più fredda, e fino ad un certo limite, un aumento delle precipitazioni. Gli effetti della temperatura si fanno sentire sulle rocce mediante il ripetuto gelo e disgelo dell’acqua che riempie le cavità e i pori delle rocce stesse, con una intensa disgregazione e formazione di ingenti masse di detriti. Dal punto di vista meccanico l’azione del gelo – disgelo agisce sulle rocce porose e fessurate.

Alla luce di quanto affermato si è proceduto, mediante la consultazione degli Annali Idrologici per la stazione pluviometrica di Piaggine (periodo di osservazione: 1953-1999) l’indice di aggressività climatica di Fournier modificato da Arnoldus nel 1977 ( $F_{FAO}$ ) ricavabile dalla seguente relazione:

$$F_{FAO} = \left( \sum_{i=1}^{12} p_i^2 \right) / P$$

dove P (mm) è la precipitazione media annua e  $p_i$  la precipitazione media del mese i-esimo. Per la definizione delle soglie di aggressività climatica sono state utilizzate le soglie proposte da Scrinzi et al. (2006), desunte dai dati di 669 stazioni distribuite omogeneamente sul territorio nazionale.

<b>Classe</b>	<b>Descrizione</b>
alta	$F_{FAO} > 150$
media	$100 < F_{FAO} < 150$
bassa	$F_{FAO} < 100$

Tabella 8 – Classi di aggressività climatica proposte da Scrinzi et al. (2006)

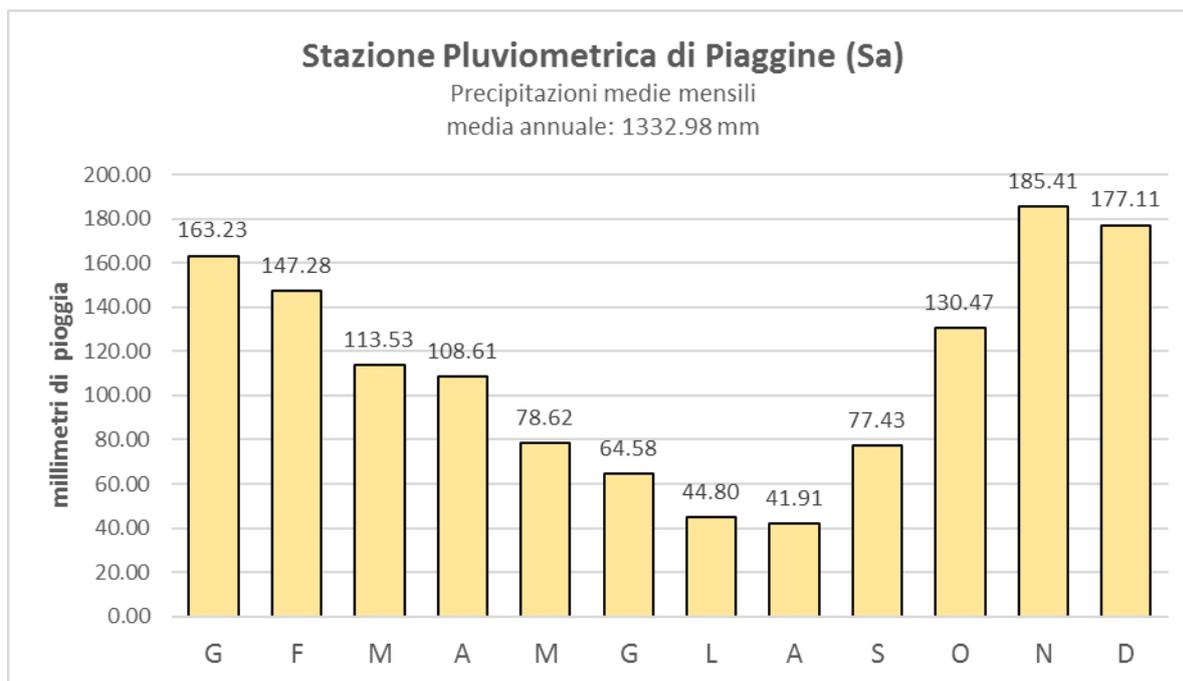


Figura 27 – Precipitazioni medie mensili per la stazione pluviometrica di Piaggine, calcolate su un totale di 46 anni di osservazioni, dal 1953 al 1999. Sono stati esclusi 14 anni per mancanza di dati.  
Fonte: Annali Idrologici.

L’indice di aggressività climatica ( $F_{FAO}$ ), in base ai dati analizzati, è pari a 132 mm. Pertanto l’area ricade, dal punto di vista dell’aggressività climatica, in classe media.

In genere la diversa esposizione del versante determina indubbe variazioni del clima locale, creando talvolta forti escursioni termiche tra il giorno e la notte. A parità di altre condizioni, i versanti più freddi ed umidi sono ovviamente quelli settentrionali, perché più a lungo in ombra, mentre quelli più caldi sono quelli occidentali e meridionali.

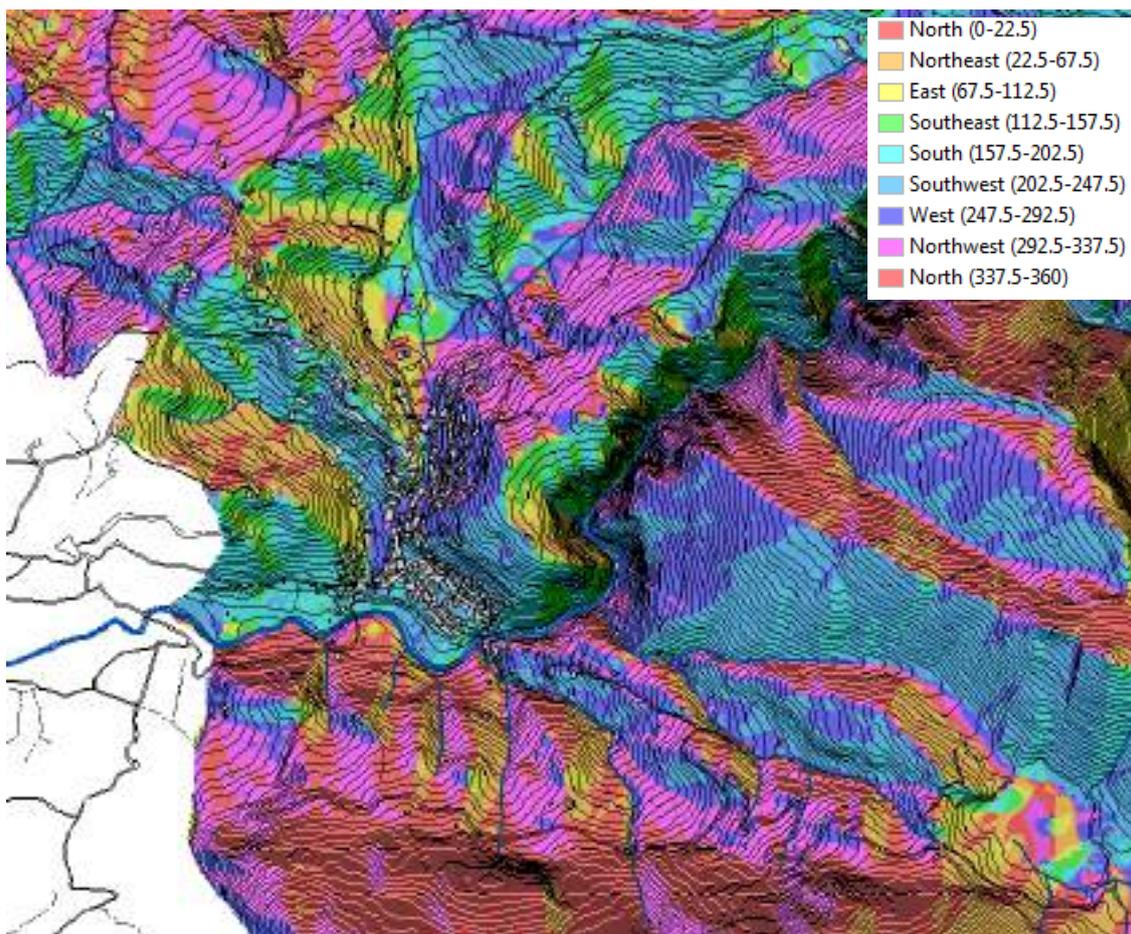


Figura 28 – Stralcio della Carta dell’esposizione dei versanti

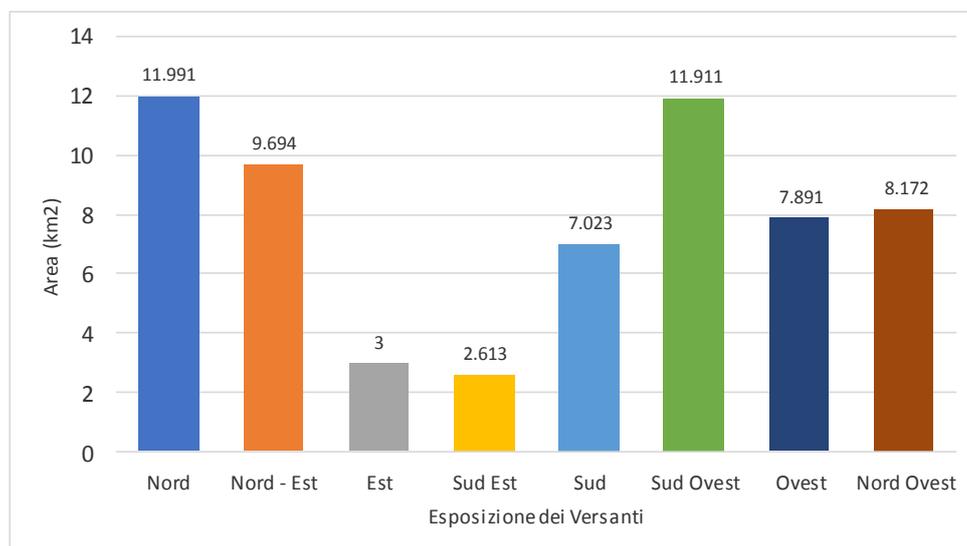


Figura 29 – Disposizione areale delle classi di esposizione dei versanti



## **11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA STABILITA' DEI TERRENI COMPRESI NEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)**

Sono state individuate nella carta della stabilità, mediante il metodo descritto, le seguenti zone omogenee, nell'ambito del territorio comunale di seguito descritte in ordine decrescente rispetto alla stabilità.

### AREE CON VOCAZIONE ALLA STABILITA'

Sono caratterizzate da morfologie con pendenze medie inferiori al 10 % e da terreni alluvionali. Sono inclusi anche i versanti con pendenze medio - elevate costituiti dalla formazione di fondo affiorante e con giacitura degli strati favorevole (reggipoggio e/o franapoggio più inclinato del pendio) con assenza di piani di discontinuità (diaciasi e leptociasi).

Tali aree non necessitano particolari interventi conservativi salvo normali opere di regimazione delle acque superficiali. L'utilizzazione urbanistica delle stesse, in qualsiasi modo, deve sempre prevedere la protezione, con adeguati muri di sostegno, delle incisioni sul versante ed assicurare lo scolo delle acque.

In ogni caso va effettuata l'analisi di stabilità del versante con numero di sezioni adeguato all'entità dell'area interessata e secondo le vigenti norme in materia di costruzioni e difesa del suolo.

### AREE CON LIMITATA VOCAZIONE ALLA INSTABILITA'

Sono caratterizzate da morfologie con pendenze superiori al 10 % e da litologie alluvionali. Sono inclusi anche i versanti con pendenze medio - elevate costituiti dalla formazione di fondo affiorante e con giacitura degli strati favorevole (reggipoggio e/o franapoggio più inclinato del pendio) con assenza di piani di discontinuità (diaciasi e leptociasi).

Sono aree in cui non si evidenziano o sono trascurabili gli episodi di dissesto, utilizzabili urbanisticamente anche in modo relativamente intensivo attuando, in fase esecutiva, gli studi dettagliati e gli accorgimenti di seguito descritti:

- verifica della stabilità d'insieme delle fondazioni nei confronti di ogni possibile grado di libertà di scivolamento e/o di rottura, tenendo conto della posizione e dell'oscillazione della eventuale falda;
- analisi di stabilità del versante ante e post operam in condizioni statiche e sismiche;

**AREE CON MEDIA VOCAZIONE ALL'INSTABILITA'**

Sono caratterizzate da una pendenza dei versanti variabile da 10 a 50 %, costituite da substrato affiorante con strati piegati e fratturati e da strati a traverpoggio ( $5 < \phi < 30$ ;  $10 < \alpha < 60$ ). Ricadono in queste aree anche le coltri eluvio - colluviali con spessore  $> 1$  m prive di stratificazione con pendenze  $< 35\%$ .

Sono terreni utilizzabili urbanisticamente in maniera non intensiva e attuando, in fase esecutiva, gli studi dettagliati e gli accorgimenti di seguito descritti:

- verifica della stabilità d'insieme delle fondazioni nei confronti di ogni possibile grado di libertà di scivolamento e/o di rottura, tenendo conto della posizione dell'oscillazione della eventuale falda;
- analisi di stabilità del versante estesa ad un numero di sezioni adeguato;

L'utilizzazione urbanistica di questi terreni presuppone, in fase esecutiva, lo studio e la realizzazione degli interventi di conservazione e di miglioramento della stabilità eventualmente necessari.

**AREE CON FORTE E MASSIMA VOCAZIONE ALL'INSTABILITA'**

Sono caratterizzate da depositi di frana, da una coltre eluvio colluviale con spessore  $> 1$  m e pendenza del versante  $> 35\%$ , dalle argille scagliose ascrivibili alla Formazione delle Argille Varicolori (ALV), dalle fasce cataclastiche e dalle zone di taglio situate in prossimità delle linee di dislocazione. Sono comprese anche le aree dove affiora il substrato con strati piegati e fratturati caratterizzati da una pendenza  $>$  del  $35\%$  e le lungo le sponde del Fiume Calore per una fascia di rispetto di 25 m e lungo le sponde dei torrenti minori per una fascia di rispetto di 10 m.

Sono aree sulle quali non è possibile utilizzazione urbanistica.



## 12. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO DISTRETTO APPENNINO MERIDIONALE (EX AdB INTERREGIONALE FIUME SELE)

Dal Piano Stralcio e dalla relativa perimetrazione risulta :

a) le aree del centro abitato rientrano in gran parte in Putr5 “Propensione all’innescamento-transito-invasione per frane da approfondire attraverso uno studio geologico di dettaglio” e Rutr5 “Rischio potenziale gravante sulle UTR soggette a pericolosità potenziale Putr\_5, da approfondire attraverso uno studio geologico di dettaglio”. In queste aree, il Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), dovrà prevedere i soli interventi urbanistici consentiti dalle Norme di Attuazione allegate al Piano Stralcio.

L’articolo 37 delle NdA allegate al Piano Stralcio prevede che *“comma 1: Nelle aree classificate R\_utr5 e P\_utr5, è consentito qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o da altra pianificazione sovraordinata. Gli interventi, fatta eccezione per quelli disciplinati ai sensi dell’articolo 3, lett. a), b) e c) del D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380, devono essere corredati da uno studio geologico di dettaglio di cui all’allegato "I" asseverato da tecnico abilitato. Detto studio dovrà attestare la compatibilità dell’intervento a farsi rispetto all’assetto idro-geo-morfologico dell’area di interesse; comma 2: Ove nelle predette aree R\_utr5 e P\_utr5 dallo studio di dettaglio si rivelino fenomeni di franosità, il relativo livello di pericolosità e rischio dovrà essere definito sulla base di uno studio di compatibilità geologica da redigersi con i contenuti di cui all’articolo 51 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all’allegato H rispetto al bacino idrografico di riferimento e si applicherà la normativa di cui ai precedenti Titoli III e IV con conseguente richiesta di parere nei casi previsti dalla citata normativa; comma 3: È fatto obbligo ai Comuni di trasmettere all’Autorità gli studi geologici di cui al precedente comma 1.”*

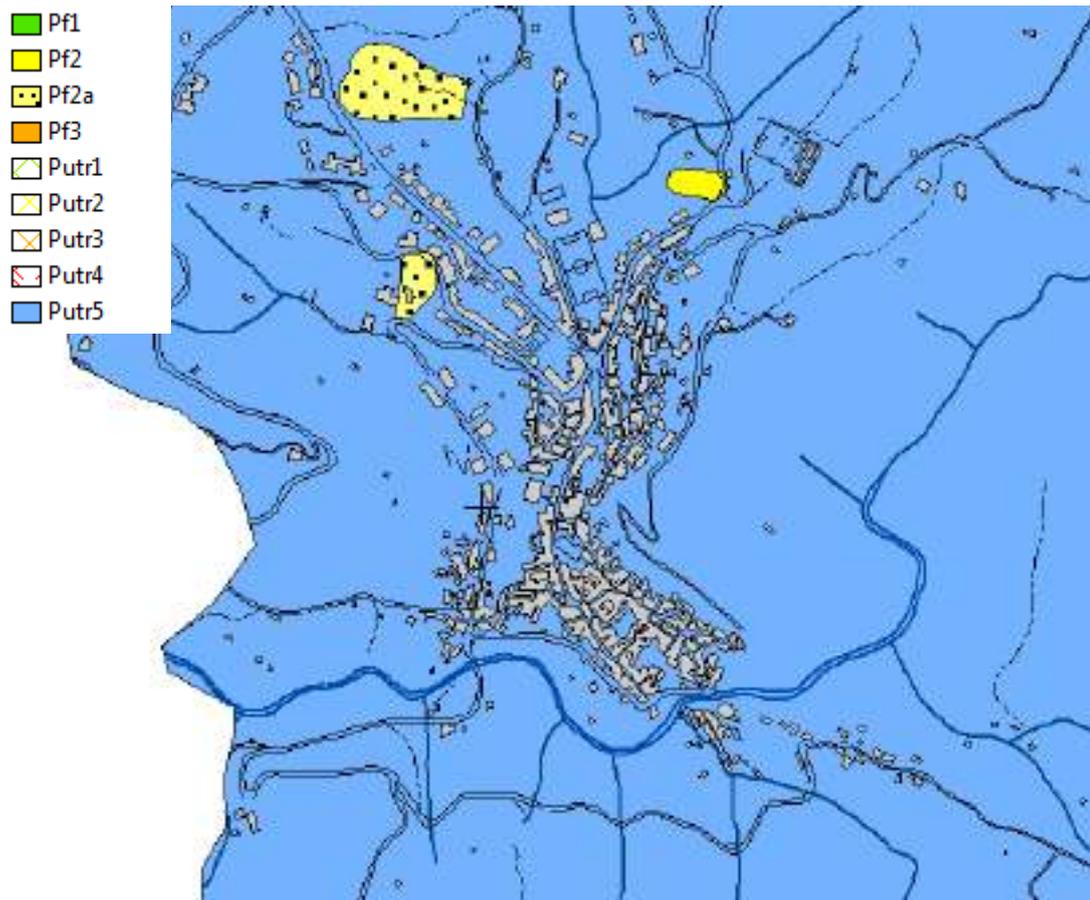


Figura 30 – stralcio carta della pericolosità da frana del centro urbano di Piaggine (Sa)

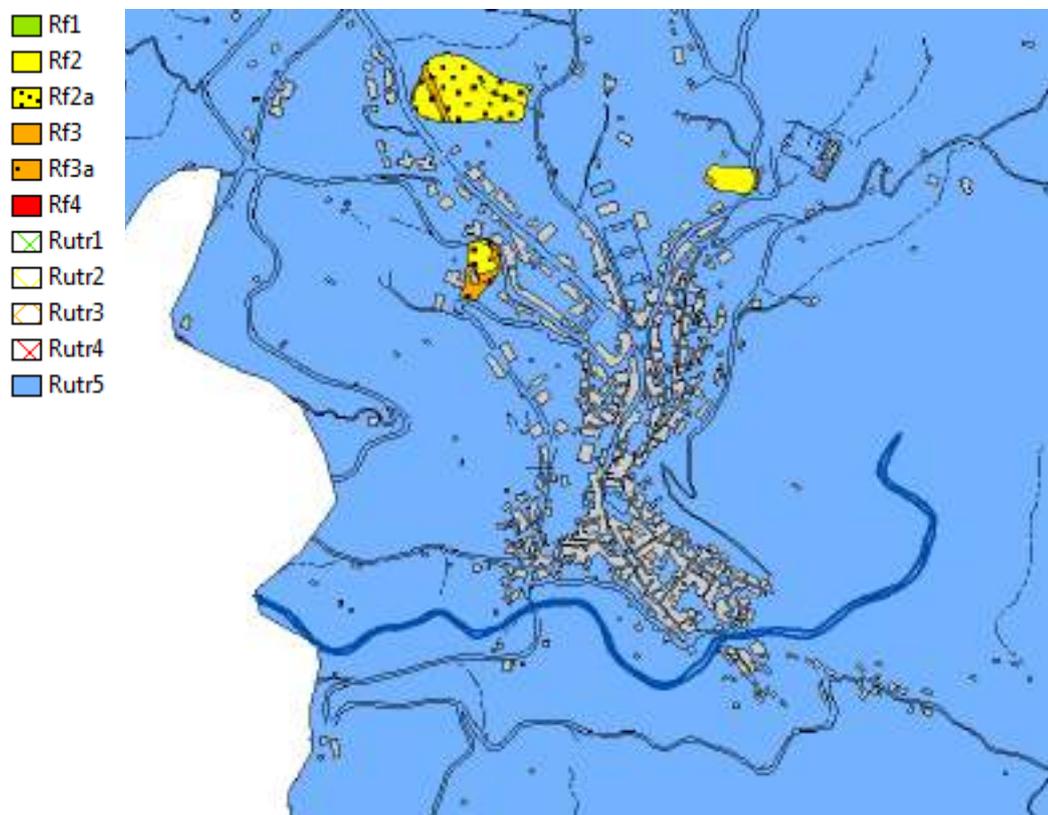


Figura 31 – stralcio carta del rischio da frana del centro urbano di Piaggine (Sa)



b) restante parte del territorio comunale:

anche nella restante parte del territorio comunale il Piano Urbanistico Comunale dovrà prevedere i soli interventi urbanistici in linea con le Norme di attuazione allegate al Piano Stralcio.

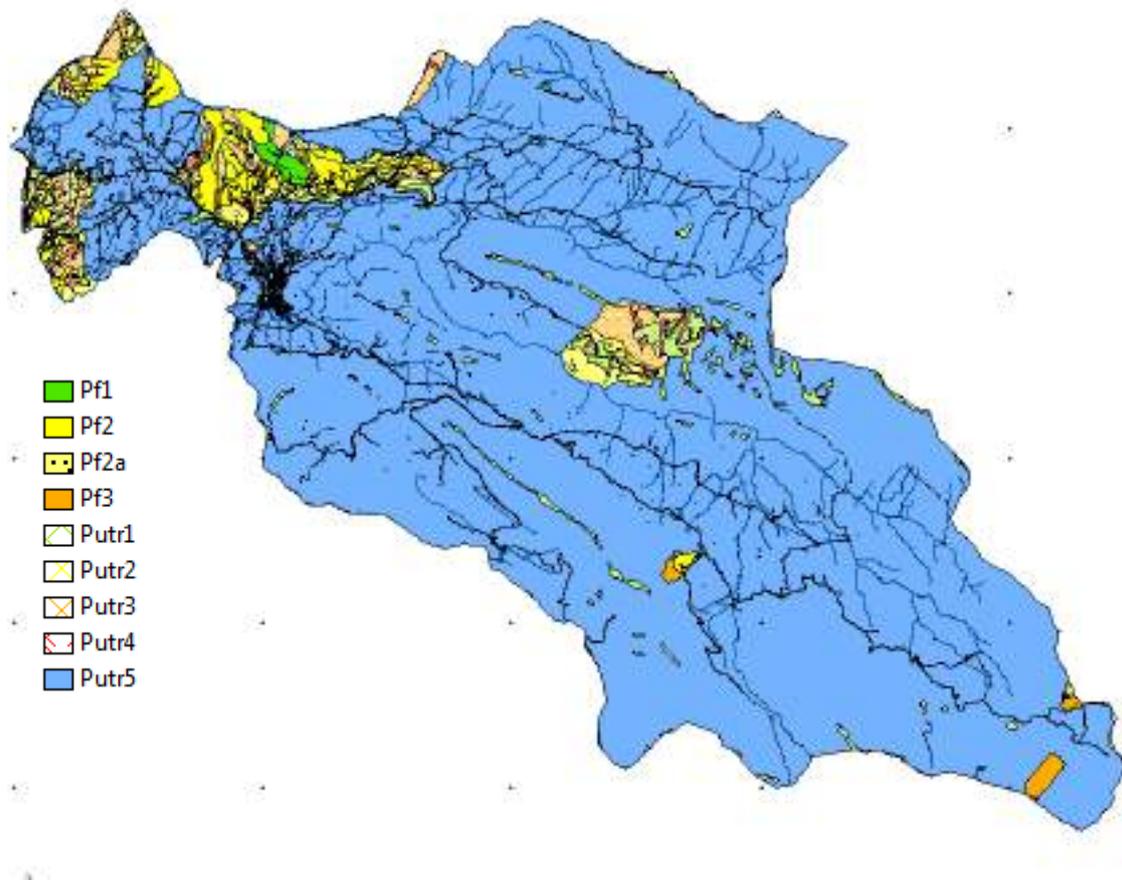


Figura 32 – carta della pericolosità da frana dell'intero territorio comunale di Piaggine (Sa)

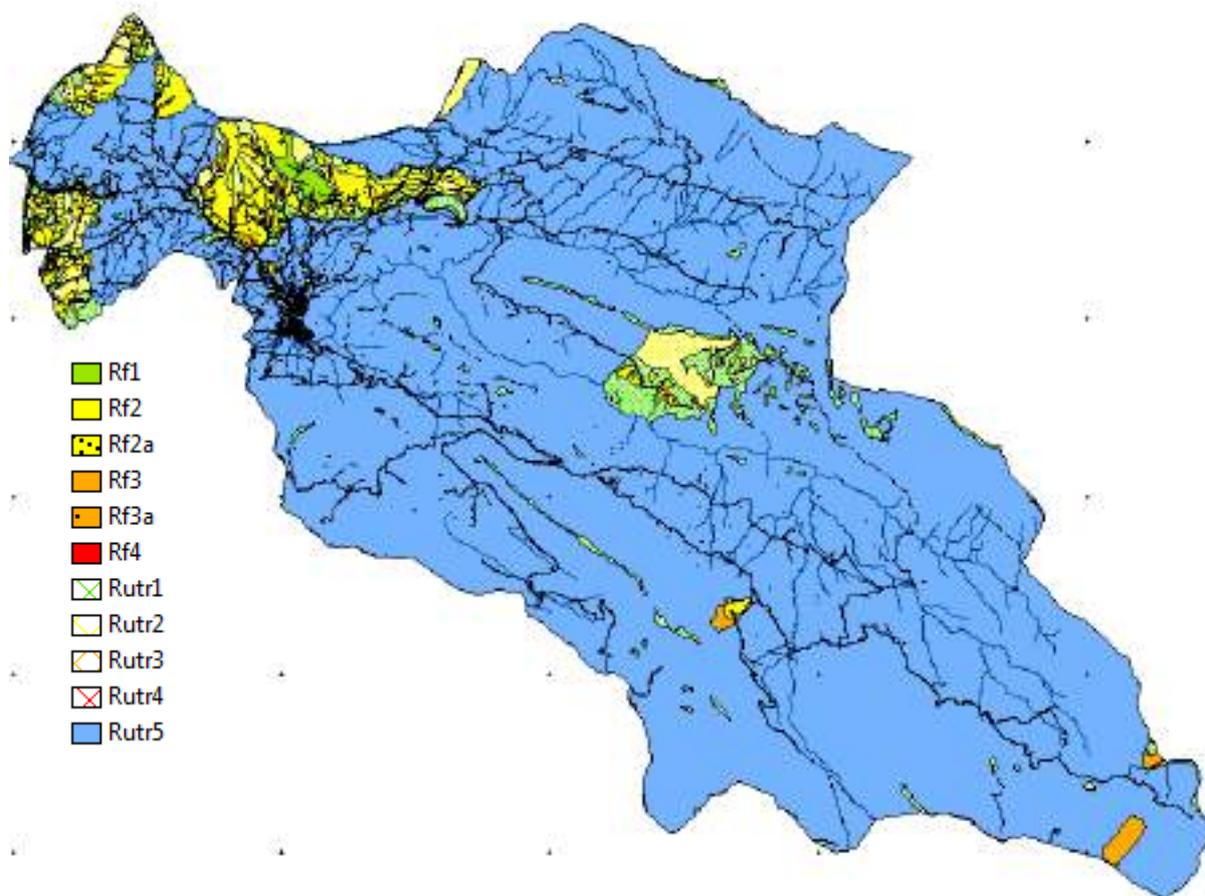


Figura 33 – carta del rischio frana dell’intero territorio comunale

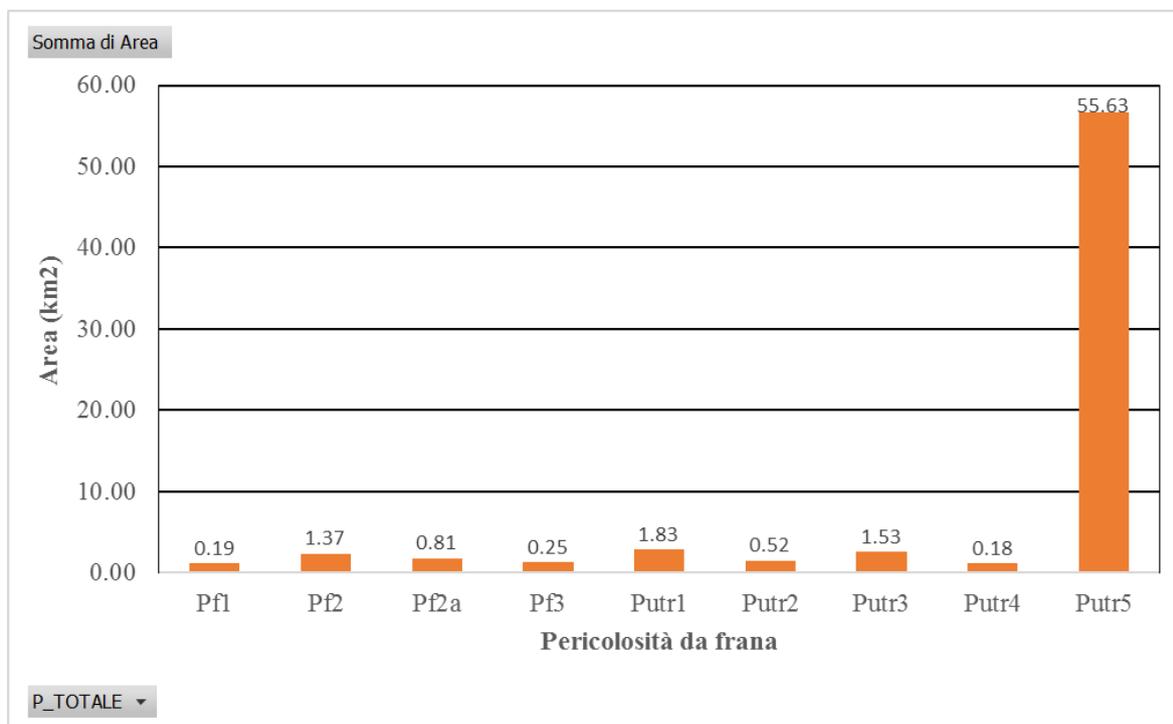


Figura 34 – Distribuzione areale delle classi di pericolosità PSAI sul territorio comunale

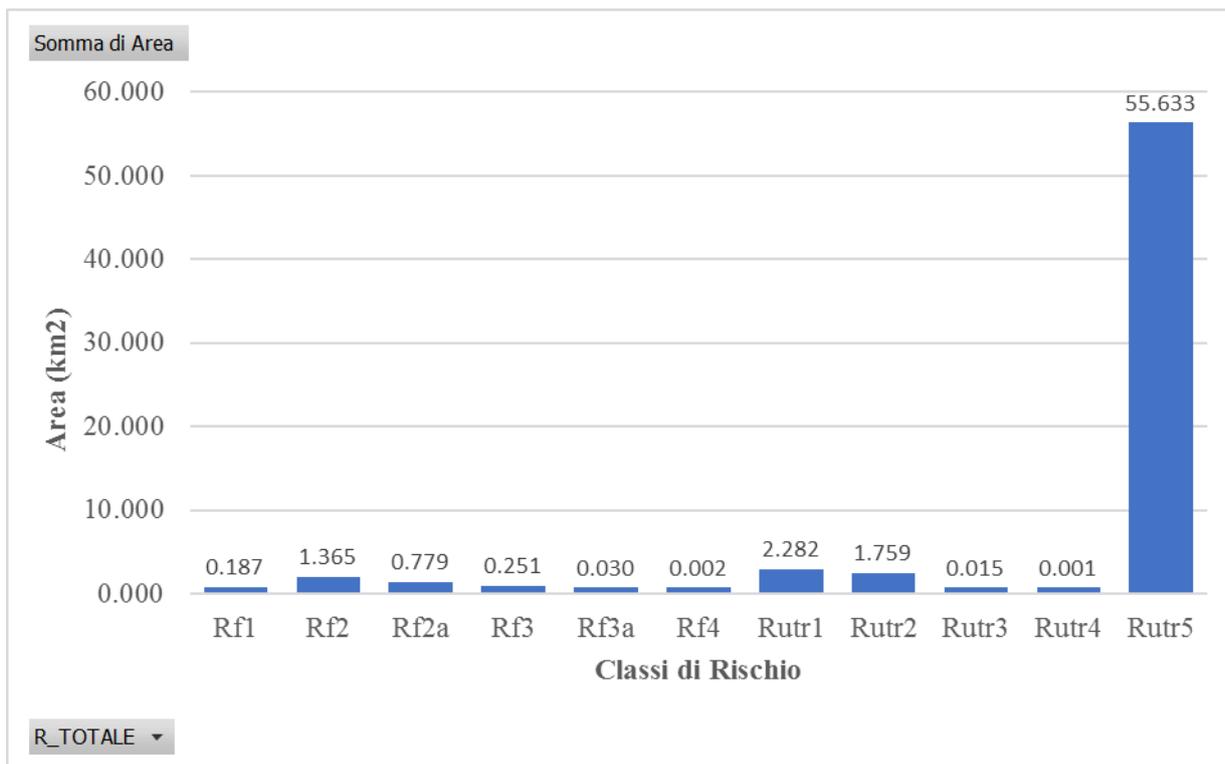


Figura 35 – Distribuzione areale delle classi di rischio del PSAI sul territorio comunale



### 13. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

In diverse punti del territorio comunale di Piaggine affiora il substrato prequaternario. In particolare nel centro abitato e nelle aree adiacenti esso è costituito da calcari (Formazione di Trentinara – TRN e dei Calcari a Radiolitidi – RDT), da argille caotiche (Argille Varicolori Superiori – ALV), da alternanze di peliti ed arenarie (Formazione di Piaggine – PGN<sub>2</sub>), torbiditi arenaceo - pelitiche (Formazione del Torrente Trenico), dalle argille scagliose (Formazione di Genesisio – GSO).

Le diverse tipologie di substrato sono state caratterizzate, dal punto di vista geomeccanico, utilizzando il metodo del *Geological Strenght Index (GSI) di Hoek & Marinos (2000)* per le formazioni strutturalmente complesse e per le formazioni lapidee in generale.

#### 13.1 METODO DEL GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI)

Tutti gli ammassi rocciosi sono caratterizzati da discontinuità come giunti di strato, zone di taglio e piani di faglia. Tali discontinuità contribuiscono, insieme alla roccia intatta, a caratterizzare dal punto di vista meccanico l'ammasso roccioso. E' necessario, dunque, considerare l'intero sistema meccanico dell'ammasso (roccia intatta + discontinuità) al fine di caratterizzare l'ammasso roccioso. Il metodo applicato è stato messo a punto da Hoek & Marinos, 2000 e prende il nome di GSI (Geological Strenght Index). Il metodo GSI combina l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, per arrivare ad un valore indice che permette il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso.

Rock Type: <input type="text" value="General"/> GSI Selector: <input type="text" value="60"/> <input type="button" value="OK"/>		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			NA	NA
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - foliated with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATE/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	NA	NA			10

Figura 36 – Geological Strenght Index per rocce fratturate

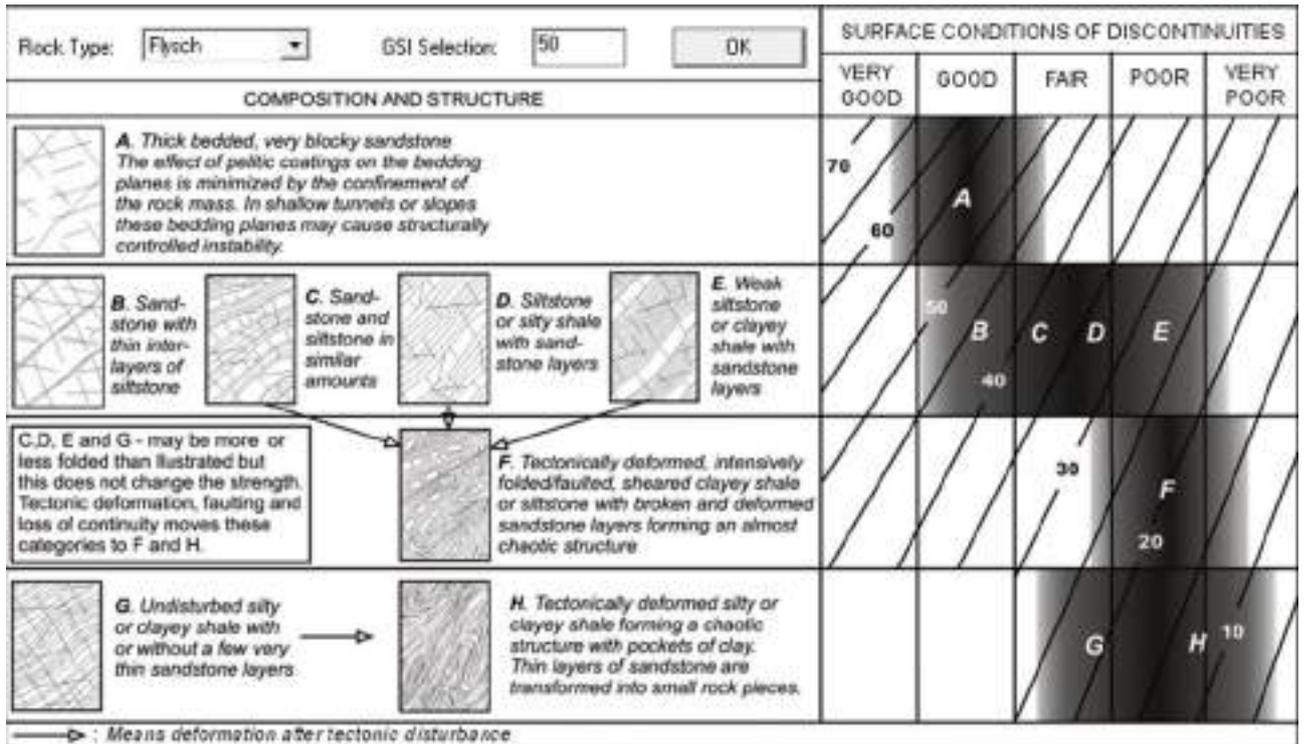


Figura 37 – Geological Strength Index per rocce flyschoidi

Il metodo GSI è legato al criterio di rottura di Hoek & Brown secondo la seguente equazione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

dove  $\sigma'_1$  e  $\sigma'_3$  sono gli sforzi effettivi massimo e minimo,  $\sigma_{ci}$  è la resistenza della roccia intatta alla compressione uniassiale,  $m_b$ ,  $s$ ,  $a$  sono parametri correlati alle condizioni geomeccaniche dell'ammasso.

Le costanti  $m_b$ ,  $s$  e  $a$  possono essere determinati con le seguenti equazioni:

$$m_b = m_i \exp \left( \frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

$$s = \exp \left( \frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$



Il fattore D rappresenta un fattore di disturbo che tiene conto del grado di disturbo subito dall'ammasso a seguito di uno scavo, variabile tra 0 per ammassi non disturbati a 1 per ammassi fortemente disturbati.

La resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso è calcolata ponendo  $\rho'_3 = 0$  nella prima equazione, ottenendo:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} S^a$$

La resistenza a trazione è data da:

$$\sigma_t = -\frac{s\sigma_{ci}}{m_b}$$

Applicando una approssimazione lineare all'involuppo di rottura curvilineo proprio del criterio di Hoek-Brown nel campo della tensione principale minore definito da  $\rho_t < \rho_3 < \rho_{3max}$  si possono ricavare i parametri di Mohr – Coulomb bilanciando le aree sopra e sotto la retta di Mohr-Coulomb e applicando le:

$$\phi' = \sin^{-1} \left[ \frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \left[ (1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n} \right] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \left( 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1} \right) / ((1+a)(2+a))}}$$

$$\sigma_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma_{ci}$$

Il limite superiore della tensione di confinamento  $\rho_{3max}$  va determinato caso per caso in funzione del problema da analizzare.

Nello specifico, per il calcolo di  $\rho_{3max}$ , è stato utilizzato il metodo generale previsto dal criterio di rottura Hoek – Brown:

$$\sigma_{3max} = \frac{\sigma_{ci}}{4}$$



Dai parametri utilizzati nel criterio di Hoek-Brown è possibile derivare il valore del modulo di elasticità proprio dell’ammasso roccioso (noto anche come modulo di deformabilità o di Young) con l’equazione di Hoek & Diederichs (2006):

$$E_{ym}(MPa) = E_i \left( 0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

Per l’applicazione del metodo del GSI è stato utilizzato il software free RocLab v. 1.0 distribuito dalla Rocscience.

**13.1.1 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SUBSTRATO**

Nella tabella seguente si riportano i dati di input ed i relativi parametri di resistenza dei diversi tipi di substrato, sia in termini di Hoek – Brown che Mohr – Coulomb equivalenti.

		Substrato calcareo		Formazioni strutturalmente complesse			
Parametri di input	Unità di misura	Substrato Formazione di Trentinara (TRN)	Substrato Calcari a Radiolitidi (RDT)	Substrato arenaceo – pelitico (TNC)	Argille scagliose (GSO)	Substrato pelitico – arenaceo (PGN <sub>2</sub> )	Argille caotiche (ALV)
GSI	-	35	40	35	15	30	10
σ <sub>ci</sub>	MPa	40	50	10	8	9	3
mi	-	12	12	9	5	7	4
Parametri di Hoek - Brown	Unità di misura	Substrato Formazione di Trentinara (TRN)	Substrato Calcari a Radiolitidi (RDT)	Substrato arenaceo – pelitico (TNC)	Argille scagliose (GSO)	Substrato pelitico – arenaceo (PGN <sub>2</sub> )	Argille caotiche (ALV)
m <sub>b</sub>	-	1.178	1.408	0.883	0.240	0.575	0.161
s	-	0.0007	0.0013	0.0007	0.0001	0.0004	0.000045
a	-	0.516	0.511	0.516	0.561	0.522	0.585
Parametri di Mohr - Coulomb	Unità di misura	Substrato Formazione di Trentinara (TRN)	Substrato Calcari a Radiolitidi (RDT)	Substrato arenaceo – pelitico (TNC)	Argille scagliose (GSO)	Substrato pelitico – arenaceo (PGN <sub>2</sub> )	Argille caotiche (ALV)
c’	Kg/cm <sup>2</sup>	16.83	22.92	3.81	1.43	2.83	0.38
φ’	°	27.59	29.09	25.24	15	22	12

Tabella 9 – Parametri di resistenza dell’ammasso roccioso



I parametri geotecnici riportati in tabella 9 sono rappresentativi del singolo affioramento analizzato e hanno un valore puramente indicativo.

Sarà necessario, pertanto, in fase di progettazione ricavare i parametri nel sito oggetto di intervento mediante indagini dirette, indirette e/o mediante la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso con i metodi presenti in letteratura (Rock Mass Rating, Sistema Q, GSI ecc).

#### **13.1.2 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DELLA COLTRE ELUVIO - COLLUVIALE**

I parametri geotecnici dei terreni di ricoprimento saranno determinati, nella fase finale dello studio geologico, dopo l'esecuzione delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio.



#### 14. ACCORGIMENTI E RACCOMANDAZIONI PER L'UTILIZZAZIONE URBANISTICA DEI LITOTIPI DEL TERRITORIO COMUNALE DI PIAGGINE (SA)

*Formazioni Carbonatiche (RDT, TRN, CRQ) e Formazioni strutturalmente complesse (PGN<sub>2</sub>, TNC, ALV, GSO)*

Per i manufatti da fondare sui terreni menzionati è necessario l'approfondimento delle fondazioni fino ad una profondità minima di m.1,50, in roccia sana dopo aver liberata la stessa dallo strato di superficiale a sistema fessurativo più diffuso, ed in alcuni casi, con presenza di zone argillificate: tale strato di regola non supera lo spessore di m.1,00; le fondazioni dovranno essere solidarizzate con la roccia di appoggio mediante colata di calcestruzzo nell'intercapedine tra parete dello scavo di fondazione e fondazione.

*Alluvioni recenti, terrazzati e coltri eluvio colluviali (b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub>)*

Stante la notevolissima eterogeneità orizzontale e verticale ed orizzontale delle caratteristiche geotecniche e la difficoltà e l'insicurezza delle correlazioni, le stesse andranno definite caso per caso con indagini geognostiche dirette ed indirette.

#### 15. AREE INEDIFICABILI

Sono inedificabili, nell'ambito di tutto il territorio di Piaggine (Sa), le seguenti aree:

- a) aree con dissesti in atto;
- b) aree classificate a Rf3 (Rischio elevato) e Rf4 (rischio molto elevato), Rutr3 ed Rutr4 nel Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico ai sensi dell' art.1, comma 1 del Decreto Legge 11/06/98 n.180 e dalle Norme di Attuazione dell'AdB Distretto Appennino Meridionale (ex AdB Sinistra Sele) e risultate, in quanto a stabilità, classificate "a massima e forte vocazione all'instabilità" nel presente studio;
- c) fascia di rispetto dal piede di pareti verticali o subverticali, della larghezza minima di 30,00 m aumentabile in relazione all'altezza e alla stabilità totale e parziale della parete;
- d) fascia di rispetto dal ciglio di pareti verticali o subverticali, della larghezza minima di 30,00 m aumentabile in relazione all'altezza.

Infine, tenendo conto dei fenomeni di erosione di sponda, nonché di possibili esondazioni dei corsi fluviali, dovrà essere rispettato un margine di sicurezza di almeno 10 - 15 metri dalle sponde dei corsi torrentizi di modesta portata e di almeno 50 metri dalle sponde dei corsi fluviali maggiori.



## 16. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La zonazione sismica di un territorio ha come scopo la definizione delle aree a maggiore probabilità di essere soggette a diversi livelli di scuotimento sismico. La scala a cui viene affrontato il problema va a definire due tipologie di zonazione: quella riferita alla pericolosità sismica a livello regionale viene detta macrozonazione sismica mentre quella riferita alla pericolosità sismica a livello locale viene detta invece microzonazione sismica.

### 16.1 SISMICITÀ STORICA E MACROSISMICA

L'individuazione della sismicità storica e macrosismica dell'area è definita dal Database Macrosismico dei Terremoti Italiani (DBMI15), utilizzato per la compilazione di CPTI15, redatto dall'INGV.

L'interrogazione del DBMI15 per il Comune di Piaggine (Sa) ha determinato la tabella seguente:

#### Piaggine

PlaceID	IT_61713
Coordinate (lat, lon)	40.343, 15.378
Comune (ISTAT 2015)	Piaggine
Provincia	Salerno
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	10

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
5	1988	01	12	23	01	0	Cilento	74	6	4.52
5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
3-4	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08



Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
3	2002 04 18 20 56 4	Appennino lucano	164	5	4.34
NF	2004 02 23 19 48 4	Appennino lucano	107	4-5	3.82
4-5	2004 03 03 02 13 2	Tirreno meridionale	104	5	4.55
NF	2004 05 05 13 39 4	Isole Eolie	641		5.42

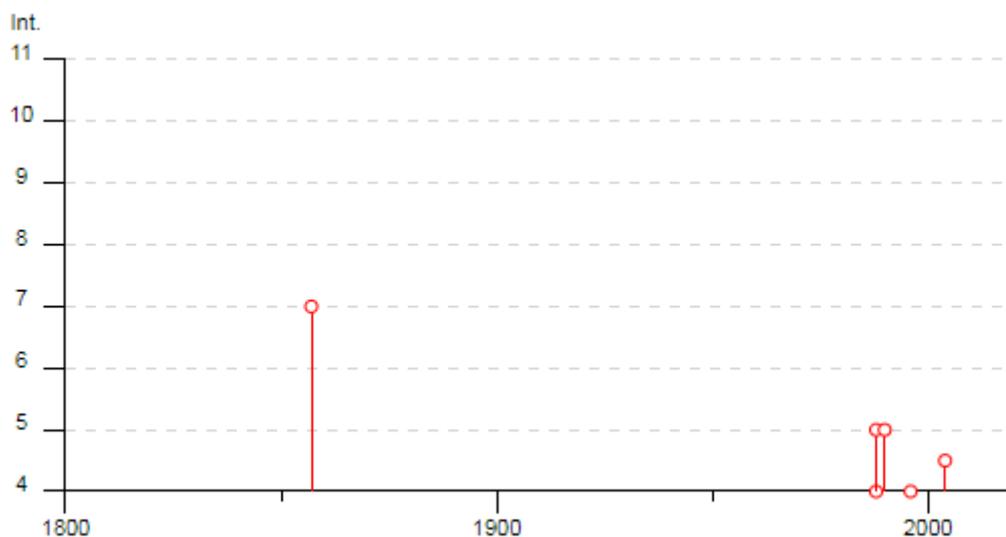


Figura 38 - Storia sismica di Piaggine (Sa)  
(fonte: [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/))

Dall’analisi della storia sismica si evince che il massimo risentimento sismico nell’area di Piaggine è stato provocato dal terremoto del 1857 con area epicentrale in Basilicata (Mw = 7.12) del 16 Dicembre 1857.

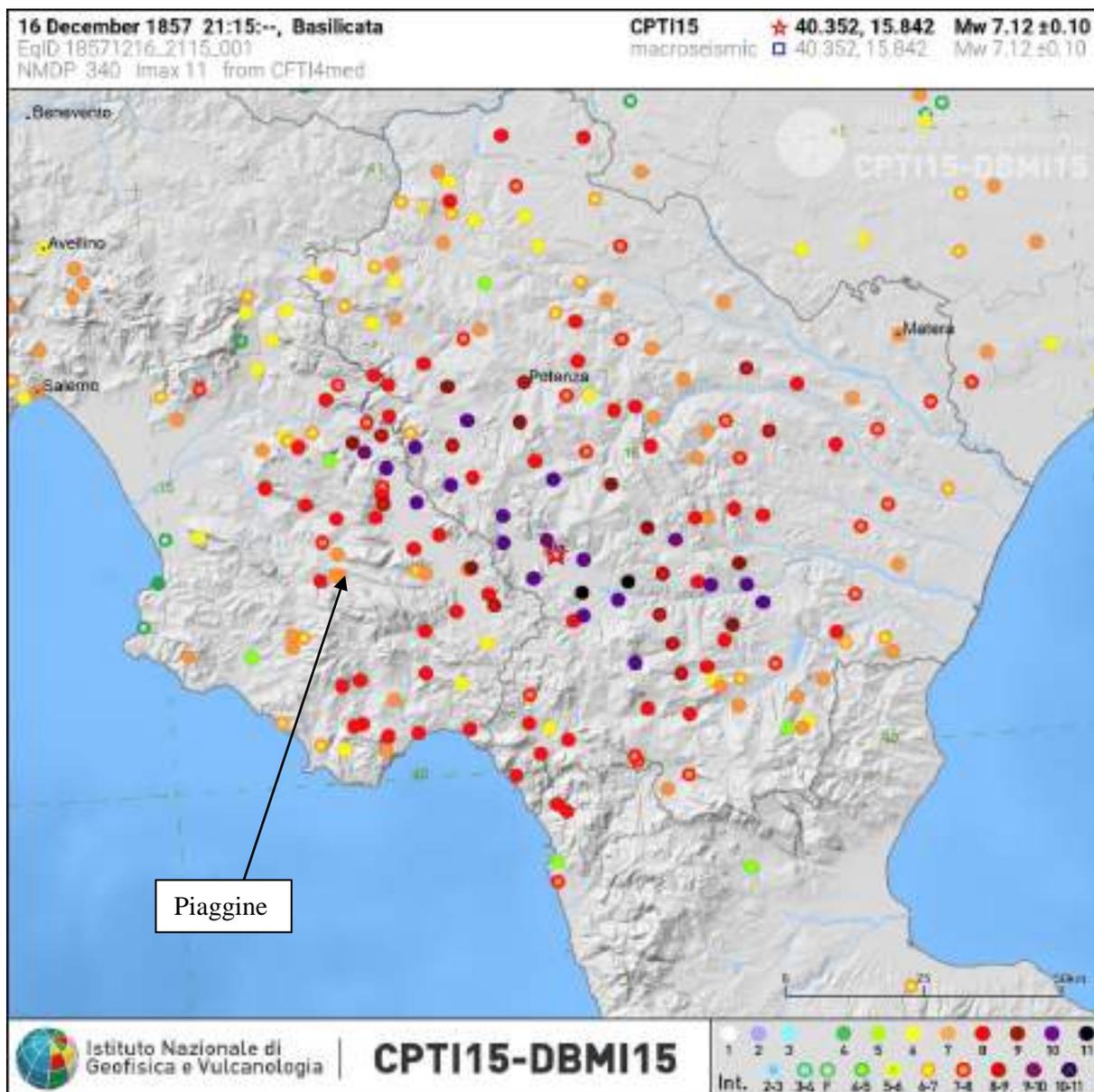


Figura 39 - Sismicità storica: terremoto del 16/12/1857 con epicentro in Basilicata (Mw = 7.12)

**Piaggine Soprane (SA) - Intensità MCS: VII**

Assunse la denominazione di Piaggine dal 1873.

**EFFETTI SUL CONTESTO ANTROPICO:**

Il terremoto causò la caduta di qualche muro (1, 2).

1) \*, *L'Omnibus*, 1858.01.02, n.1. Napoli

2) Del Giudice F., *Ragguaglio dei principali fenomeni naturali avvenuti nel Regno durante il 1857*, in "Annali Civili del Regno delle Due Sicilie", vol.62, fasc.124, pp.133-165. Napoli [PDF T](#)



### 16.2 ZONA SISMOGENETICA

Le zone sismogenetiche attualmente attive derivano dalla conoscenza dell'attività sismica nota, cioè sia quella storica che strumentale. Per quanto riguarda l'Italia è stata pubblicata la zonazione sismogenetica ZS9<sup>3</sup>.

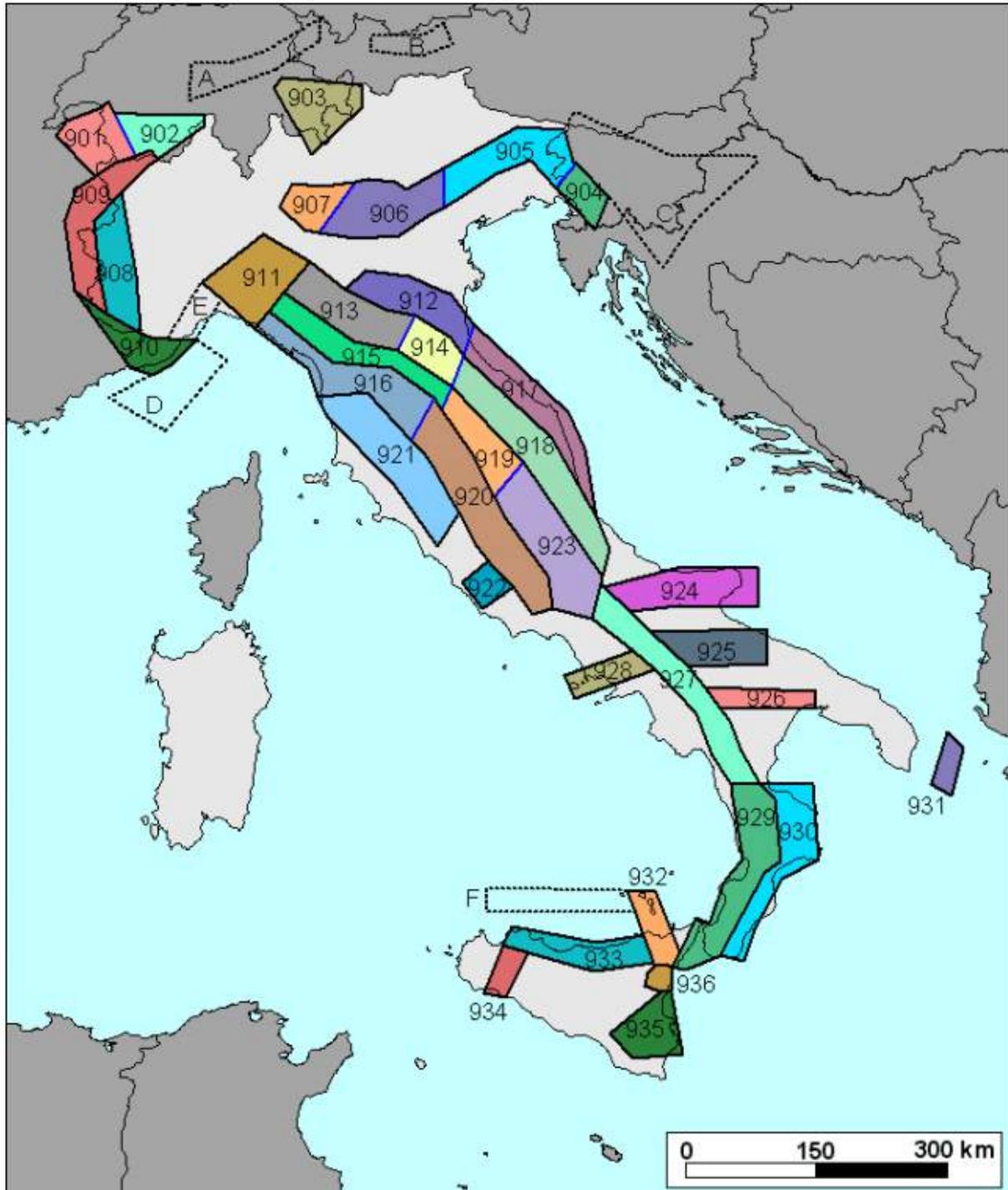


Figura 40 - Zonazione sismogenetica ZS9

<sup>3</sup> INGV (2004), Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza P.C.M. del 20/03/2004 n. 3274 – Rapporto conclusivo (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>)



Il territorio di Piaggine è ubicato ad una certa distanza della fascia sismogenetica 927. In tale zona si sviluppano terremoti con profondità efficace massima intorno ai 10 Km e con magnitudo massima (Mw) di 7.06. Il meccanismo di fagliazione è di tipo normale.

La fascia sismogenetica 927 (Sannio – Irpinia – Basilicata) segue sostanzialmente l'asse della catena appenninica meridionale caratterizzata da faglie con direzione prevalente NW-SE.

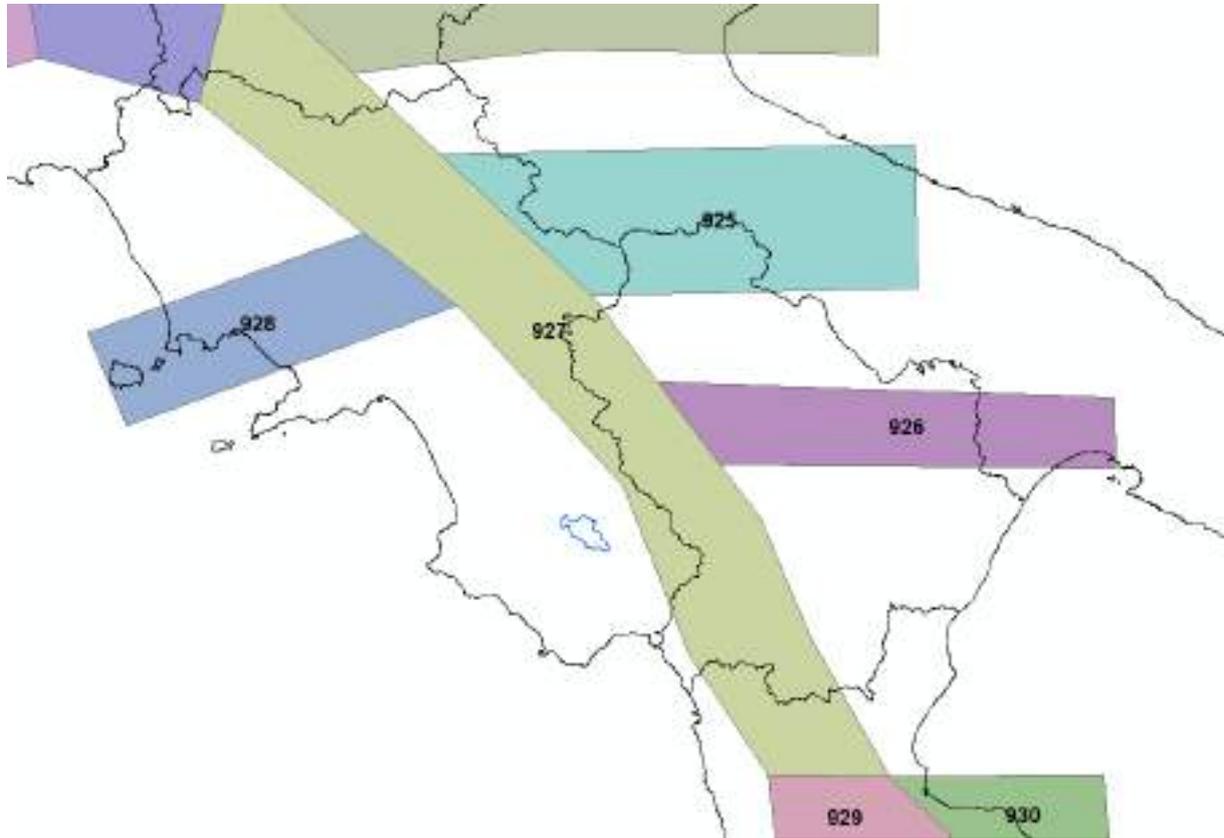


Figura 41 – Zonazione Sismogenetica dell'Appennino Meridionale (INGV, 2004).  
La polilinea blu rappresenta il territorio comunale di Piaggine

L'INGV ha diffuso, nell'ambito del progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismo-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Il DISS 3.2.0 (Database of Individual Seismogenic Sources versione 3.2.0) dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) individua tre tipi di sorgenti sismogenetiche:

- **Sorgenti Sismogenetiche dibattute:** sono aree di sorgenti in fase di studio, presenti in letteratura ma ritenute ancora non sufficientemente attendibili;
- **Sorgenti composite:** sono zone molto estese, all'interno delle quali vi sono sorgenti sismogenetiche minori ancora non sufficientemente studiate. Queste aree non sono associate a specifici terremoti storici;



- **Sorgenti individuali:** aree a cui sono associati specifici terremoti storici. Viene proposta una rappresentazione tridimensionale della faglia, e sono stabilite le caratteristiche di massima magnitudo, movimento ed estensione

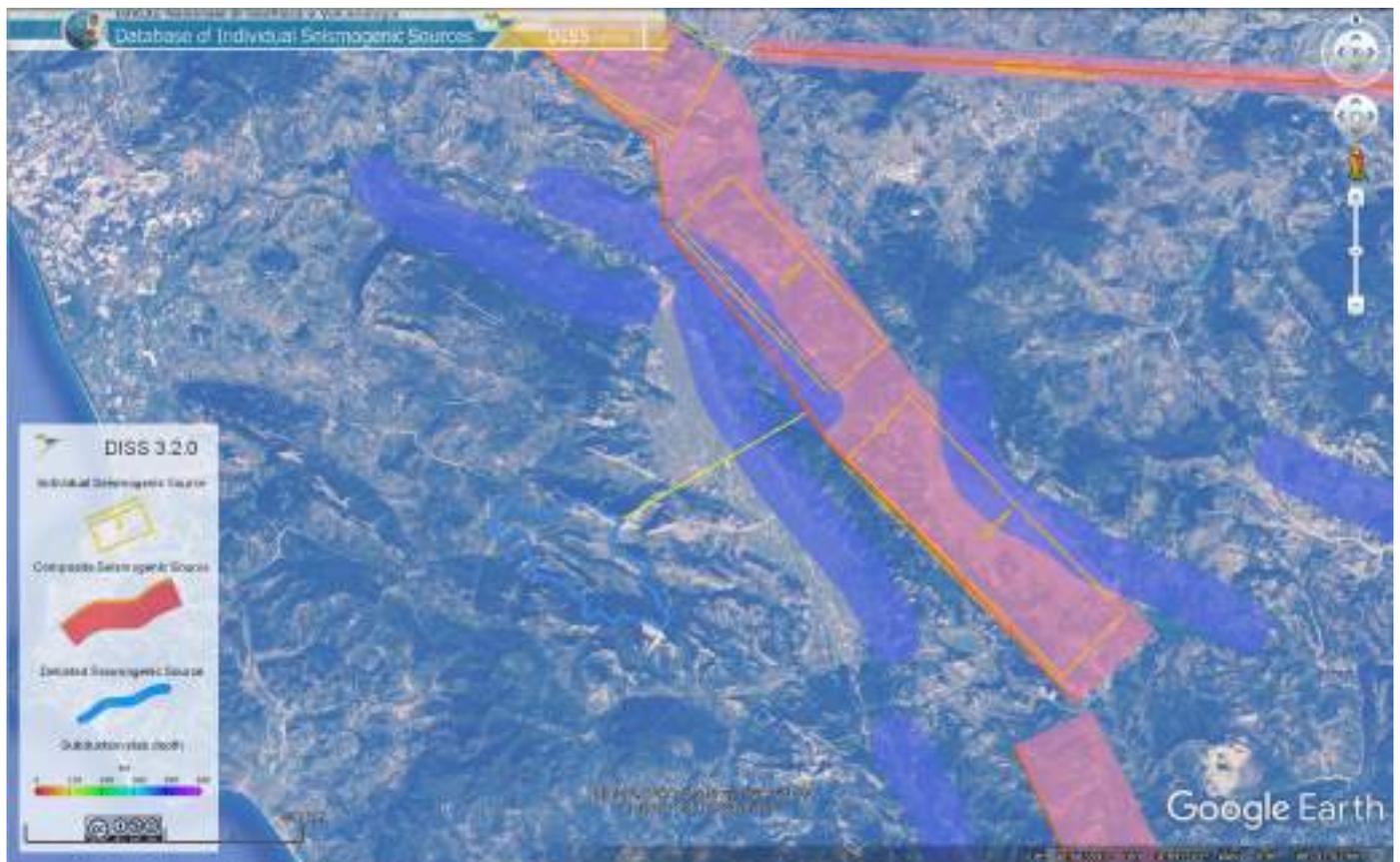


Figura 42 – Rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source – Sorgenti sismogenetiche composite) e delle Individual Seismogenic Source (Sorgente individuale) con indicazione della distanza (linea gialla) dell’area in esame (polilinea blu) dalle sorgenti sismogenetiche (fonte: DISS3.2.0 a cura dell’INGV)

La sorgente sismogenetica più vicina al territorio comunale di Piaggine è codificata dall’INGV come “ITCS034 Irpinia – Valle dell’Agri” ubicata ad una distanza di circa 16 Km. Tale sorgente sismogenetiche risulta molto superficiale (compresa tra 1 e 14 km di profondità) ed è in grado di produrre eventi di magnitudo consistenti (Mw pari a 6,8)



### 16.3 FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Le faglie attive e capaci si differenziano dalle zone sismogenetiche per il fatto che esse hanno generato fagliazione superficiale durante un evento sismico.

ITHACA adotta la seguente definizione di **faglia capace**, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del contesto geodinamico italiano.

- Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.
- La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (*fault displacement/offset*) che una deformazione distribuita (*warping*).
- La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture “anomale”, ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.

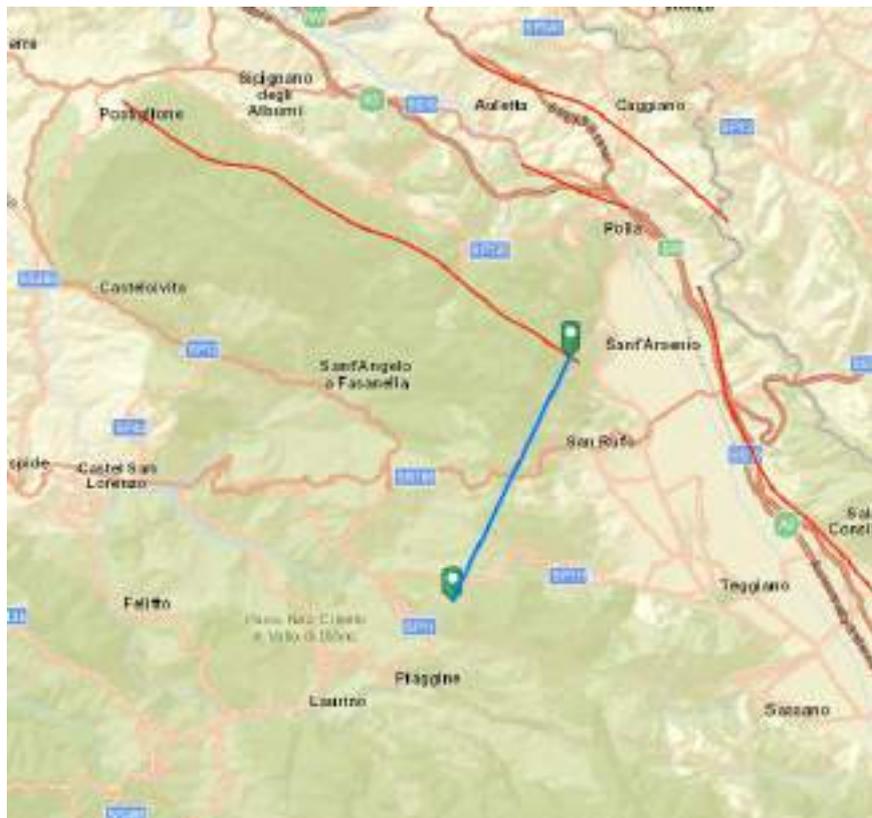


Figura 43 – Distanza del sito dalla faglia attiva e capace di Monte Forloso

Il territorio comunale di Piaggine dista circa 11 km dalla faglia del Monte Forloso. Pertanto l’area esaminata non risulta interessata da faglie di tipo capace.

**16.4 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE**

Secondo l'approccio più comune, adottato anche dalle normative italiane, la pericolosità sismica di un sito viene indicata attraverso il valore di accelerazione orizzontale (PGA) che ha una determinata probabilità di essere superato in un intervallo di tempo.

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo il metodo classico di probabilità indipendente dal tempo di Cornell. Tale metodo prevede l'individuazione delle sorgenti sismiche e la suddivisione del territorio in zone con supposta uniforme probabilità di essere epicentro di futuri terremoti. Per ciascuna zona viene calcolato il tasso medio di terremoti di una certa magnitudo e il passaggio da magnitudo alla sorgente ad accelerazione risentibile al sito è effettuato attraverso opportune leggi di attenuazione.

La probabilità di avere una certa PGA in un sito è data infine dal prodotto tra la probabilità condizionata di avere quella PGA da un terremoto di magnitudo  $M$  avvenuto a distanza  $R$  data e le probabilità indipendenti che si verifichino eventi di quella  $M$  a quella  $R$ , integrando su tutti i possibili valori di  $M$  e  $R$  e per tutte le sorgenti della zona.

Di seguito si riporta la mappa di pericolosità, in termini di accelerazione massima al suolo, sviluppata per l'Italia utilizzando il metodo di probabilità (PSHA).

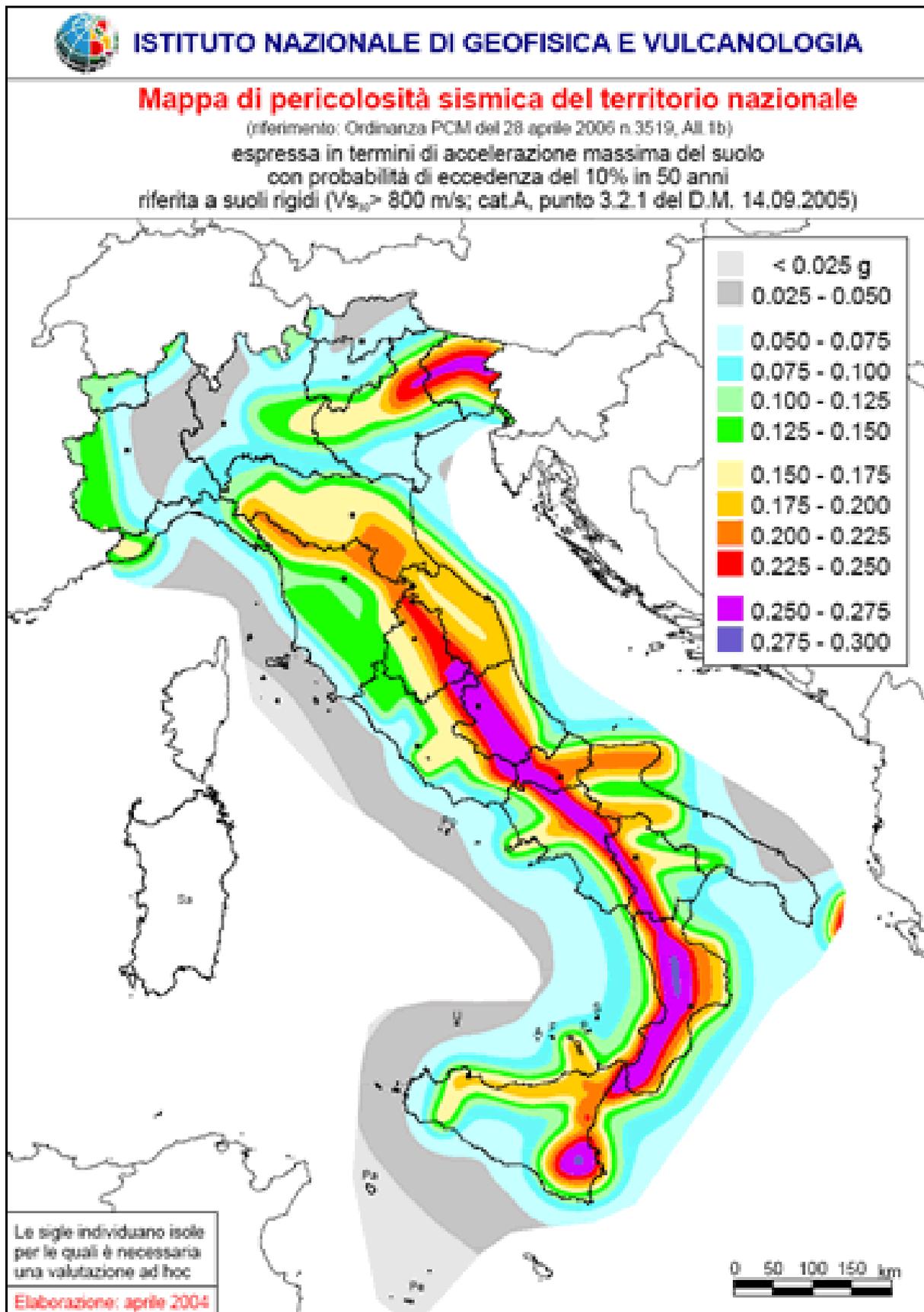


Figura 44 – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale (probabilità di superamento del 10% in 50 anni per categoria di suolo A)



Nella figura successiva è mostrata il settore della mappa di pericolosità riferito alla Regione Campania.

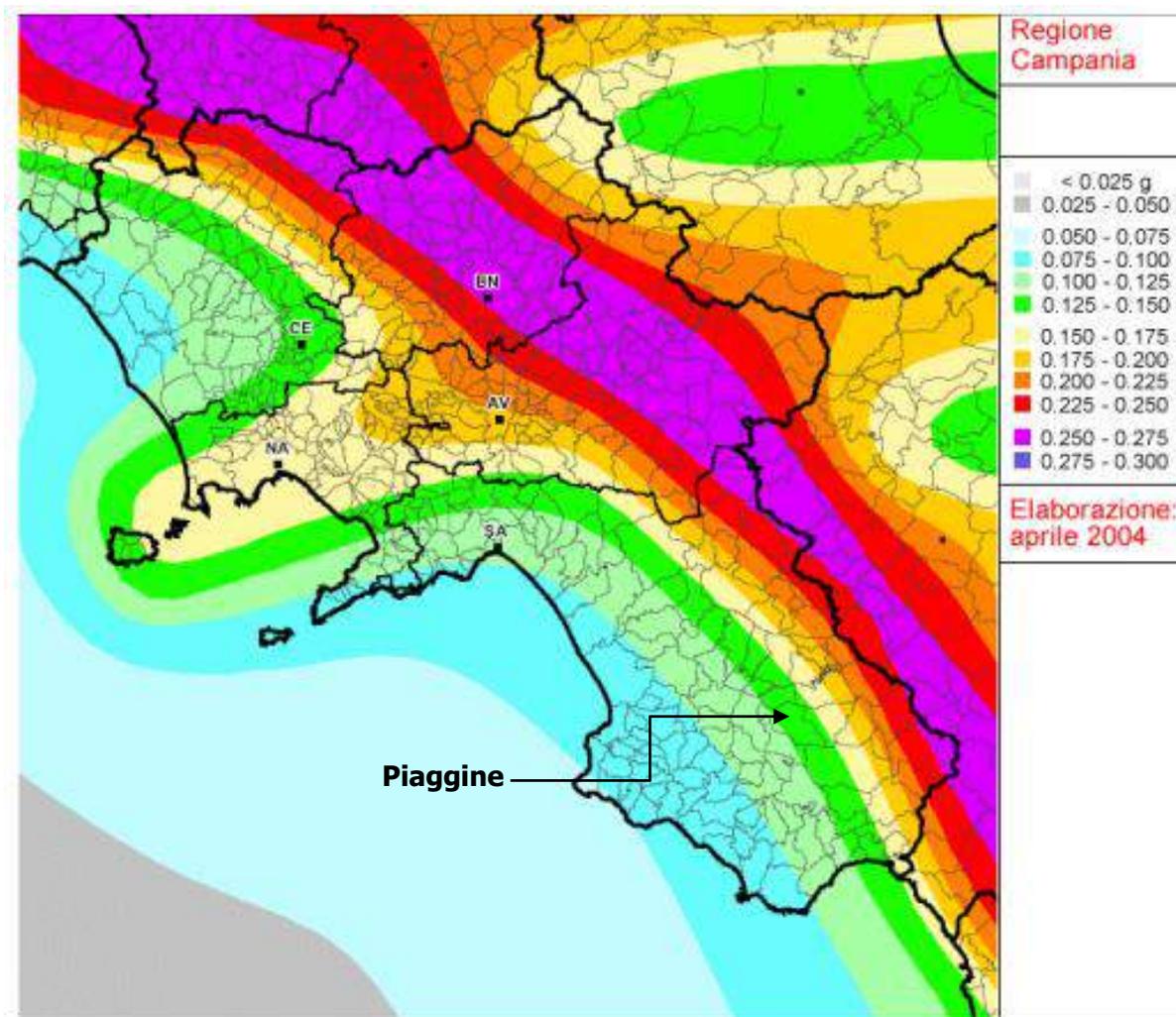


Figura 45 – Mappa della pericolosità sismica della Regione Campania espressa in termini di  $a_{max}$  su suolo rigido – categoria di sottosuolo A

Per conoscere i valori di  $a_g$ , su suolo rigido ed orizzontale, in relazione alle probabilità di superamento ed ai tempi di ritorno dell'area esaminata, si è consultata la pagina dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

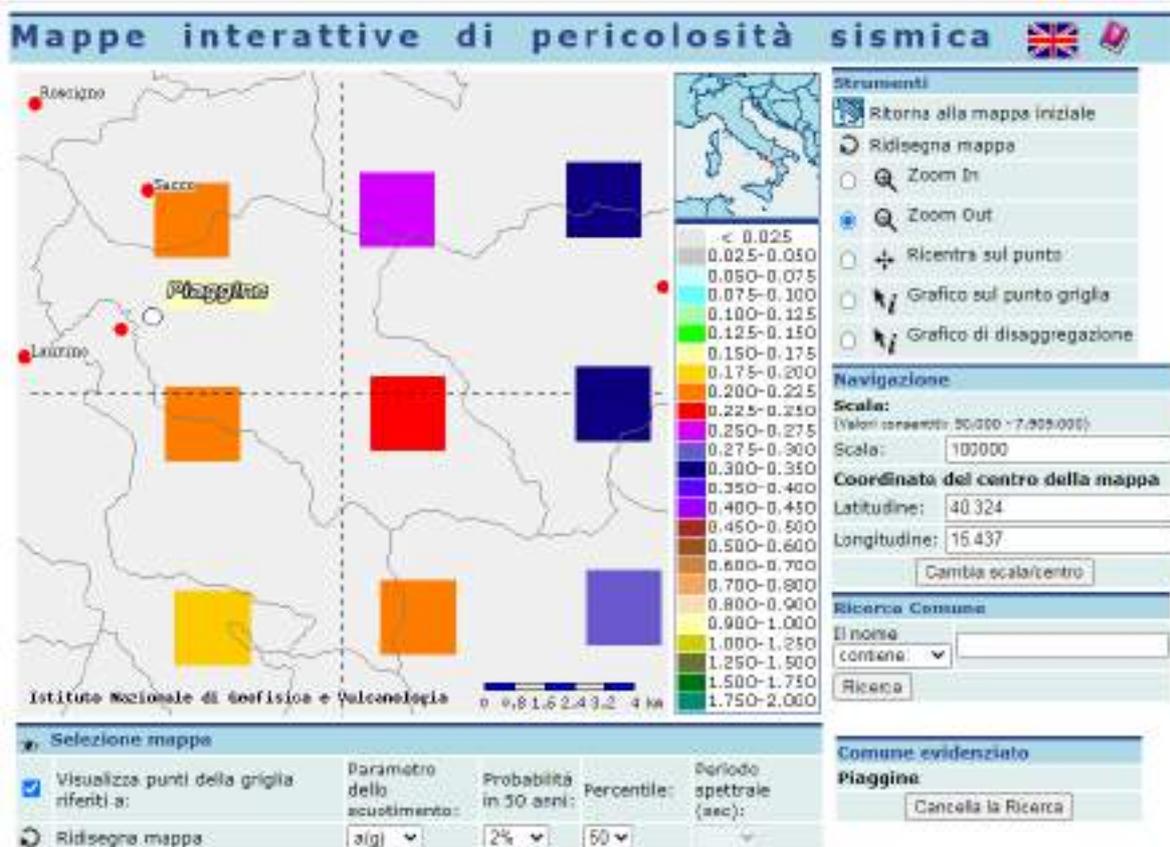


Figura 46 – Mappa della pericolosità sismica dell’area in esame espressa in termini di amax su suolo rigido con probabilità di superamento del 2 % in 50 anni (Tempo di ritorno = 2475 anni) – categoria di sottosuolo A

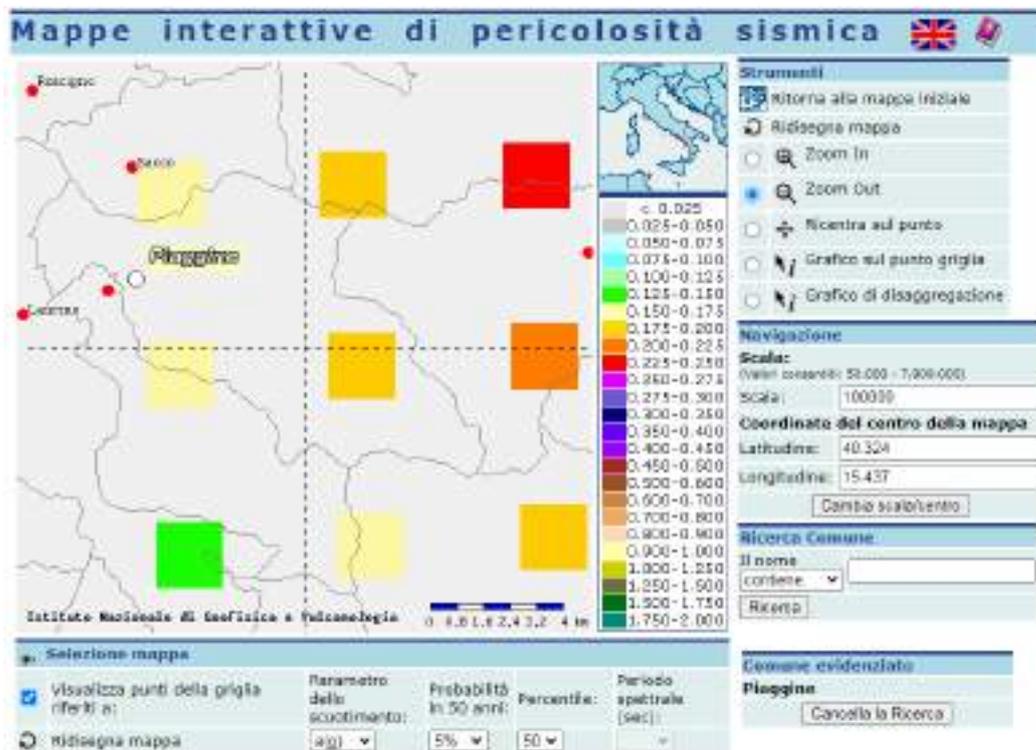


Figura 47 - Mappa della pericolosità sismica dell’area in esame espressa in termini di amax su suolo rigido con probabilità di superamento del 5 % in 50 anni (Tempo di ritorno = 975 anni) – categoria di sottosuolo A

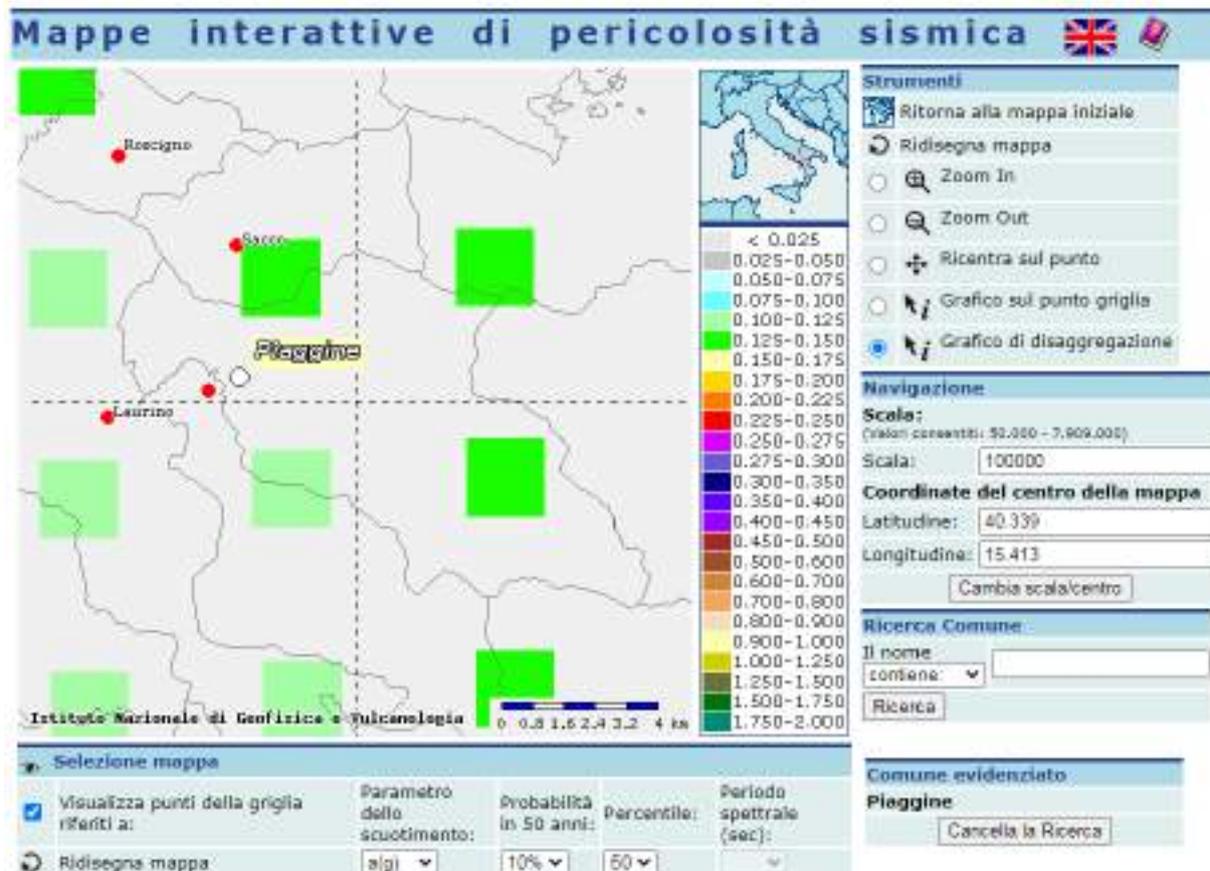


Figura 48 - Mappa della pericolosità sismica dell'area in esame espressa in termini di  $a_{max}$  su suolo rigido con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni (Tempo di ritorno = 475 anni) – categoria di sottosuolo A

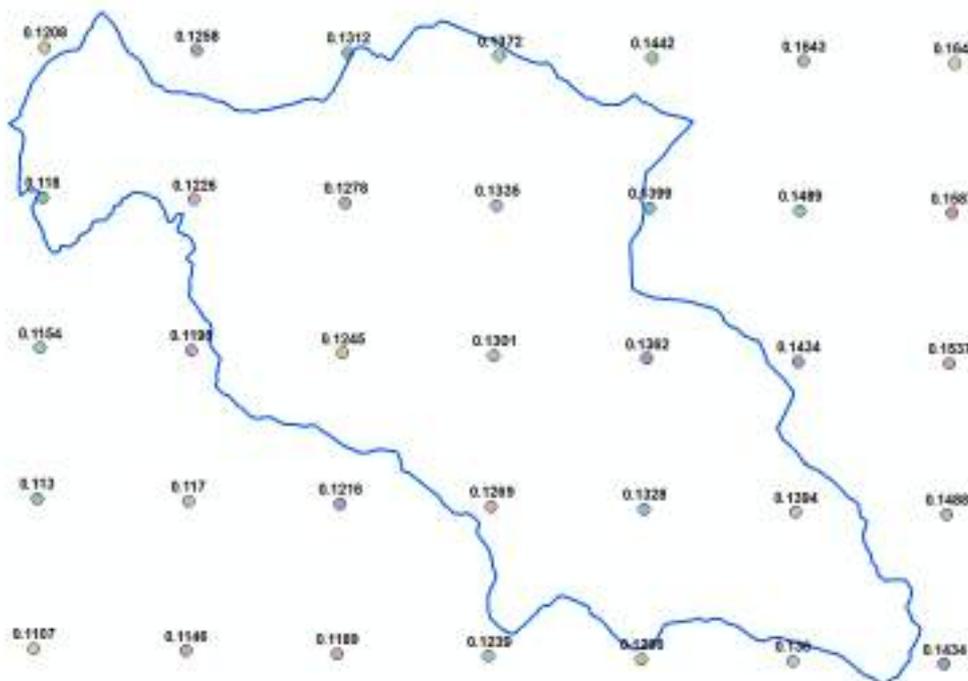


Figura 49 – Nodi della griglia di calcolo della pericolosità sismica con passo  $0.02^\circ$  nell'intorno del Comune di Piaggine. Per ogni nodo è indicato il valore di  $a_{gmax}$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di 50mo percentile. Fonte:

<http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni/download.php>.



Probabilità di superamento (%)	Percentile	Tempo di ritorno (anni)	Intervallo di a(g)
2	50	2475	0.200 – 0.275
5	50	975	0.150 – 0.200
10	50	475	0.100 – 0.150

Tabella 10 – Riepilogo degli intervalli di accelerazione massime al suolo per diverse probabilità di superamento e periodi di ritorno

L'allegato 7 dell'OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010: contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, riporta i valori di ag per un tempo di ritorno di 475 anni in condizione di sottosuolo rigido e pianeggiante per ogni comune presente sul territorio nazionale. Per il Comune di Piaggine tale accelerazione corrisponde a 0.126138g



**17. FRANOSITA' SISMOINDOTTA**

I terremoti sono stati, da molto tempo, riconosciuti come la causa principale dell'innesco di movimenti gravitativi di versante. Le frane sismoindotte sono state documentate fin dal 373 a.C. (Seed, 1968).

Il primo che ha studiato le frane sismoindotte è stato Keefer (*Landslides caused by earthquakes, 1984*) che dopo aver analizzato 40 movimenti franosi negli Stati Uniti ed in altre parti del globo pubblicò una classificazione di frane, indotte da un sisma, composta da 14 classi in relazione al tipo di movimento, tipo di materiale, il contenuto d'acqua, la velocità e la profondità della superficie di scivolamento.

L'analisi ha poi portato ad una serie di curve costituite dai valori critici di Magnitudo - Distanza per lo sviluppo di franosità sismoindotta per una determinata area.

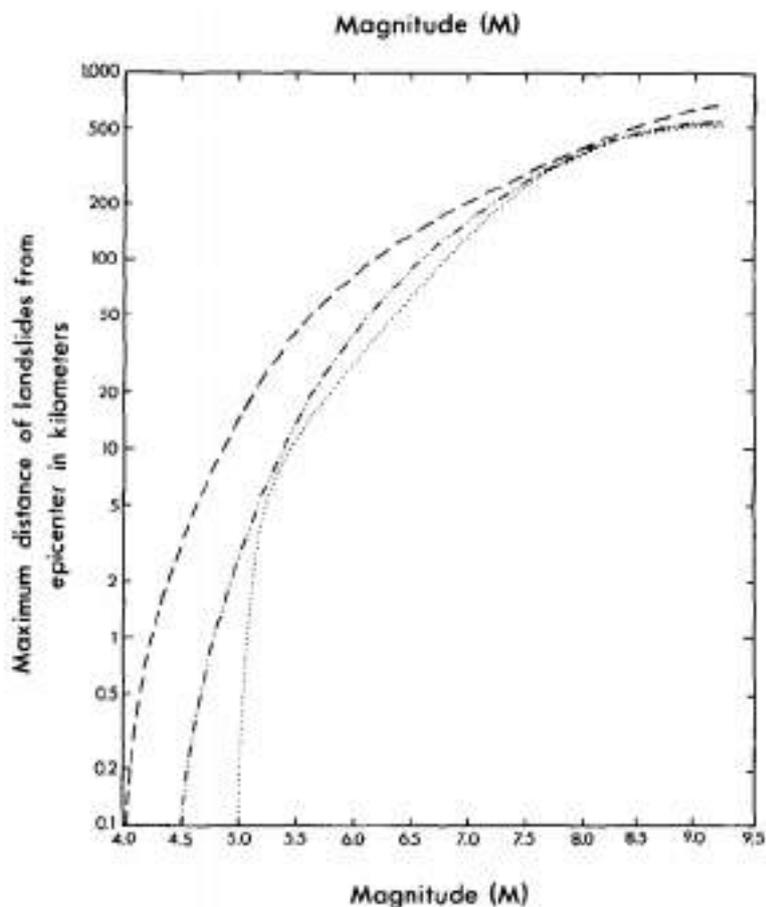


Figura 50 - Curve di Keefer M – D per l'innesco di diverse tipologie di movimenti franosi. La linea tratteggiata rappresenta il limite di innesco per i crolli , scivolamenti in roccia e valanghe di roccia.

La linea tratteggiata intervallata da due punti rappresenta il limite di innesco per scorrimenti rotazionali/traslativi in rocca ed in terra ed infine la linea punteggiata rappresenta il limite per l'innesco di colate di terra ed espandimenti laterali



Per il territorio comunale di Piaggine si è proceduto a determinare i valori critici di Magnitudo - Distanza applicando le “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR)” ed in particolare l’appendice A1 – Metodologia per l’identificazione della coppia M-D di soglia.

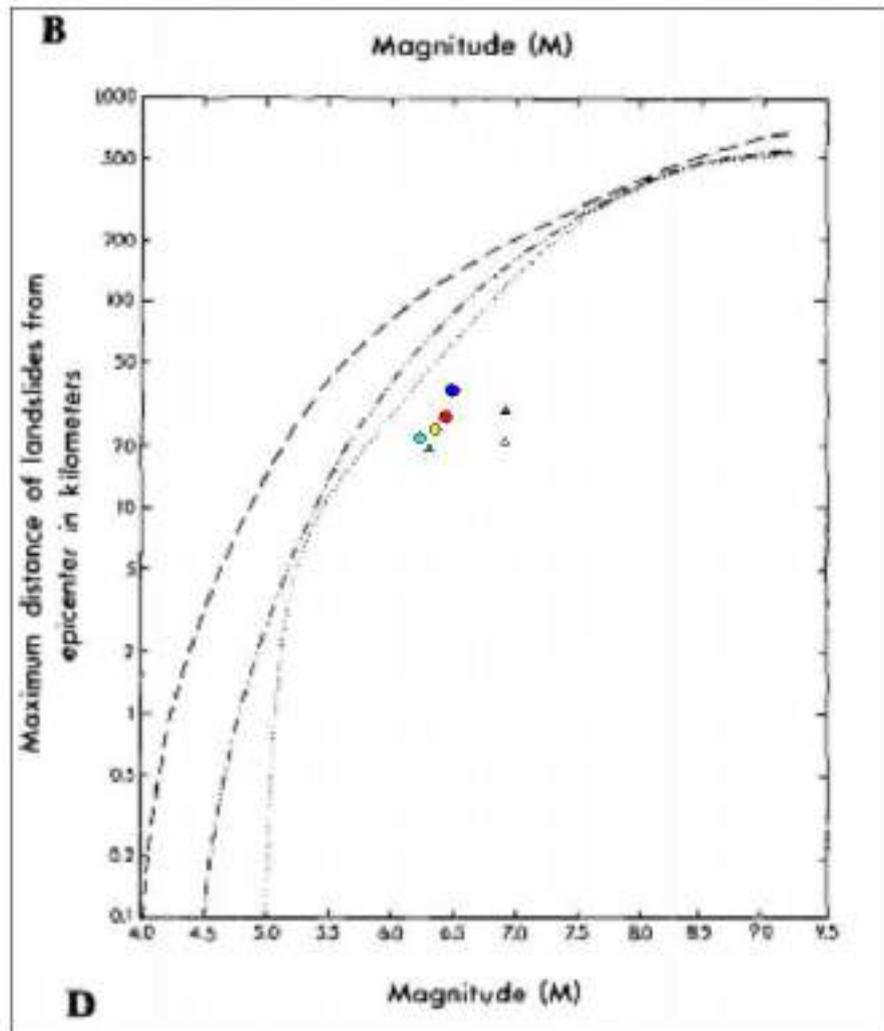
**Definizione delle coppie M - D (disaggregazione della pericolosità sismica) media e modale per il territorio comunale di Piaggine per un periodo di ritorno (Tr) di 475 anni.**

Tale operazione è stata condotta utilizzando sia i dati presenti sul sito dell’INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) sia il software REXEL (Iervolino et al., 2009).

Mediante il codice di calcolo REXEL è stato possibile calcolare valori di coppia M – D per ordinate spettrali diverse da Sa (T =0s) Nello specifico sono state estratte per i periodi spettrali di T = 0.5s, 1.0 s e 1.5 s). Se i punti di coordinate M – D ricadono al di sotto della curva “upper bound” di figura il terremoto comunale può essere interessato da frane sismoindotte.

	Punto rappresentativo frana		INGV Media PGA		REXEL Moda Sa (0.5s)		REXEL Moda Sa (1s)		REXEL Moda Sa (1.5s)	
	Latitudine	Longitudine	M	D	M	D	M	D	M	D
1	40.355039°	15.389619°	6.44	32.3	6.30	20	6.80	30	6.80	30
2	40.367178°	15.349433°	6.50	38.6	6.80	30	6.80	30	6.80	30
3	40.357332°	15.350460°	6.50	38.6	6.80	30	6.80	30	6.80	30
4	40.351270°	15.373307°	6.44	32.3	6.80	30	6.80	30	6.80	30
5	40.347850°	15.380646°	6.44	32.3	6.80	30	6.80	30	6.80	30
6	40.312951°	15.433106°	6.40	29.3	6.80	20	6.80	20	6.80	20
7	40.288578°	15.484946°	6.29	21.8	6.80	30	6.80	30	6.80	30

Tabella 11 – Coppie M-D per i punti rappresentativi considerati



- Punto rappresentativo frane 1 (Media PGA, INGV)
- Punto rappresentativo frane 2 (Media PGA, INGV)
- Punto rappresentativo frane 6 (Media PGA, INGV)
- Punto rappresentativo frane 7 (Media PGA, INGV)
- ▲ Punto rappresentativo frane 1 (Moda Sa (0.5s))
- ▲ Punto rappresentativo frane 1 (Sa (1s e 1.5 s) REXEL)
- △ Punto rappresentativo frane 6 (Sa (0.5, 1s e 1.5 s) REXEL)

Dall'applicazione del metodo si evince che le frane presenti nel territorio comunale di Piaggine risultano, tra gli altri fattori presenti, anche sismoinducibili. Pertanto nell'area esaminata, sono possibili riattivazioni delle frane esistenti per movimenti tellurici ed inoltre si possono verificare frane di neoformazione sismoindotte.



---

**18. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)**

---

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sarà realizzata nella fase finale dello studio geologico. Si procederà a raccogliere tutte le indagini geognostiche e geofisiche pregresse realizzate sul territorio comunale di Piaggine e ad eseguire una campagna di indagini geofisiche mediante tecnica Masw (Multichannel Analysis Surface of Waves).

La carta in questione sarà realizzata tenendo conto dello schema procedurale previsto dagli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica“, riferito agli studi di microzonazione di 1 Livello, formulati dal Dipartimento della Protezione Civile.

Per quanto riguarda la redazione in ambiente GIS della Carta MOPS si terrà conto degli “Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica Versione 4.1” emessi dalla Commissione Tecnica per il Monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.



## 19. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Al fine di valutare la risposta sismica locale di un sito ricadente all'interno del territorio comunale di Piaggine è necessario tenere conto delle modifiche apportate allo scuotimento del suolo, in caso di sisma, provocate dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali attraverso la determinazione dei processi di amplificazione stratigrafica e topografica.

Nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/2018 e s.m.i.) viene introdotta una griglia di riferimento da cui determinare il valore di accelerazione massima orizzontale al suolo  $a_g$  per ogni singolo sito di interesse.

La nuova norma prende in considerazione, inoltre, l'amplificazione dell'azione sismica locale in relazione alla tipologia di terreno (Ss) ed alle condizioni topografiche (ST).

In relazione a quanto detto la normativa propone di incrementare l'azione sismica al suolo di un fattore di amplificazione Ss relativo alla diversa tipologia di terreno di fondazione secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2018. Se il sito in esame ricade in uno dei sottosuoli di fondazione della tabella 3.2.II è possibile applicare il metodo dei sottosuoli di fondazione in relazione al profilo delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  riscontrato nel sito in esame (approccio semplificato).

E' necessario definire, quindi, la categoria del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione in base alla velocità equivalente delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$ , definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  = numero degli strati;

$H$  = profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiori a 800 m/s;



Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La normativa prevede 5 categorie principali di sottosuolo di fondazione (tabella 3.2.II delle NTC 2018):

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica (ST) si considerano le seguenti categorie in relazione alle caratteristiche della superficie topografica (tabella 3.2.III delle NTC 2018):

**Tab. 3.2.III** – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie sopra riportate si riferiscono a delle semplici configurazioni bidimensionali, quali creste o dorsali allungate da considerare nella definizione dell'azione sismica per altezze maggiori di 30 m. Le NTC 2018, infatti, precisano che “la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove ST assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove ST assume valore unitario”.



Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  potrà, quindi, essere calcolato con la formula riportata nella figura 32.

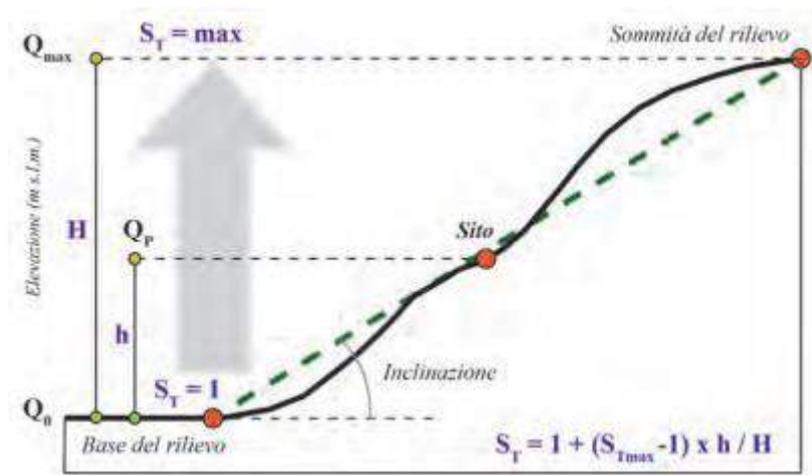


Figura 51 – Calcolo fattore topografico per un rilievo

La determinazione delle categorie di sottosuolo di fondazione e la relativa amplificazione sismica di sito sarà effettuata, come per la carta delle MOPS, nella fase definitiva del presente studio geologico con la raccolta delle indagini pregresse e la realizzazione delle indagini geofisiche previste.

IL TECNICO

Dott. Geol. Giuseppe Pagnotto

COLLABORATORE

Dott. Geol. Antonio Pagnotto



### Bibliografia

**Allocca V., Celico F., Celico P., De Vita P., Fabbrocino S., Mattia C., Monacelli G., Musilli I., Piscopo V., Scalise A.R., Summa G., Tranfaglia G.** Note Illustrative della Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale [Libro]. - 1999.

**Amadesi E., Vianello G., Bonfatti F., Pignone R., Preti D.** Guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti [Rivista] // Regione Emilia Romagna, Collana di orientamenti geomorfologici ed agronomico-forestali. - Bologna : Pitagora Editrice, 1977.

**Ciarcia S., Vitale, S., Di Staso, A., Iannace, A., Mazzoli, S., Torre, M.,** [Rivista] // Terra Nova 21. - 2009. - p. 88-96.

**Clerici A., Cuccuru G., Trambaglio L., Fausto L.** La realizzazione di una carta della stabilità dei versanti mediante l'uso di un sistema d'informazione geografica [Rivista] // Geologia tecnica & ambientale. - 4/93. - p. 25-40.

**Commissione tecnica per la microzonazione sismica** Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR) [Rapporto]. - Roma : [s.n.], 2017.

**Hoek Evert** Practical Rock Engineering [Libro]. - 2006.

**INGV** <http://diss.rm.ingv.it/dissGM/> [Online].

**INGV** <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> [Online].

**INGV** <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> [Online] // <https://emidius.mi.ingv.it/> - 2015. - <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

**INGV** Zonazione Sismogenetica ZS9 - App. al Rapporto Conclusivo [Rapporto]. - 2004.

**Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni** <http://www.cilentoediano.it/it/geositi-gli-ambiti-paesaggio> [Online].

**Patacca E., Scandone P.** Geology of the Southern Apennines [Rivista] // Bollettino della Società Geologica Italiana. - 2007. - p. 75-119.

**Sgrosso I., Bonardi G., Amore F.O., Ascione A., Castellano M.C., De Vita P., Di Donato V., Morabito S., Parente M., Pescatore E., Putignano M.L., Sandulli R., Schiattarella M., Tescione M.** Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 - Foglio 504 Sala Consilina [Libro]. - [s.l.] : Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Polo di Scienza e Tecnologia - Dipartimento di Scienza della Terra, 2010.