

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA & AMBIENTALE**  
**DOTT. ALFONSO PAPPALARDO**  
**GEOLOGO**

via San Rocco n°8 (parco Claudia fabb. A) - Pagani (SA)  
tel. & fax 081 5152559 - cell.<sup>re</sup> 338 9448712  
EMAIL: alfonso\_pappalardo@libero.it;  
P.E.C.: alfonso\_pappalardo@epap.sicurezza postale.it



**RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ SISMICA**



**OGGETTO:** Relazione di “compatibilità sismica” finalizzata alla “costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili” da realizzarsi nel territorio comunale di Castel-pagano (BN).

**COMMITTENTE:** Spett.<sup>le</sup> “COGEIN ENERGY S.R.L.”.



## INDICE

Premessa.....	3
Geologia dell'Appennino Meridionale.....	4
Orogenesi appenninica.....	4
Strutture sismogenetiche dell'Appennino. ....	6
Sismicità dell'Appennino Meridionale. ....	8
Geologia della Regione Campania. ....	8
Principali unità geologiche campane.....	10
Principali discontinuità tettoniche quaternarie campane.....	13
Sismicità della Regione Campania.....	18
Sismicità della provincia di Benevento .....	23
Geologia dell'area in esame. ....	26
Inquadramento geologico e tettonico dell'area in esame.....	26
Caratteristiche geolitologiche dei terreni. ....	27
Idrogeologia. ....	28
Geomorfologia ed idrografia.....	29
Caratteristiche geotecniche dei terreni del sottosuolo.....	31
Sismicità dell'area in esame.....	34
Interazione tra la stabilità dell'area ed eventi sismici.....	43
Fenomeni di liquefazione .....	45
Conclusioni .....	48



ALLEGATI :

- ✓ *Stralcio Carta Topografica d'Italia I.G.M. scala 1: 25.000 - unione Tavole II SE (Colle Sannita) e II SO (Circello) del F°162 Campobasso -;*
- ✓ *Stralcio Aerofotogrammetria CTR (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta Geologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta Geolitologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta Idrogeologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta Clivometrica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta Geomorfologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta IFFI (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Carta del Rischio di frana PAI (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ✓ *Sezioni Topografiche e Geologiche (siti aerogeneratori e stazione di trasformazione).*



## Premessa.

Per incarico ricevuto dalla società "**COGEIN ENERGY S.R.L.**" viene redatta la presente relazione finalizzata allo studio di "compatibilità sismica" (redatto in conformità alle Nuove Linee Guida della Regione Campania relative alla realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili) di una porzione di territorio interessata dal progetto di realizzazione di un "parco eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Il progetto interessa per gran parte il territorio del Comune di Castelpagano (BN).

Il progetto in particolare prevede la realizzazione di n°7 aerogeneratori (identificati secondo progetto con le sigle CA01, CA02, CA03, CA04, CA05, CA06 e CA07) con relative piazzole e strutture accessorie, aerogeneratori tutti ricadenti nel Comune di Castelpagano, investendo le località "Masseria Fattori" e "Masseria Richi", e, come opera di connessione, di un cavidotto interrato MT. Quest'ultimo terminerà in una stazione di trasformazione 30-150 KV, anch'essa in progetto, prevista in località "Colle Moschillo" nel Comune di Morcone, e connessa tramite un breve cavidotto alla locale Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 150 KV.

Nell'intero suo sviluppo il suddetto cavidotto interrato MT, percorrendo per gran parte strade già esistenti, interesserà oltre al territorio di Castelpagano (zona aerogeneratori) anche piccole porzioni dei limitrofi territori di Colle Sannita e di Circello, fino a raggiungere, come già detto, la stazione di trasformazione posta nel Comune di Morcone.

Inoltre, il progetto prevede per necessità tecniche l'adeguamento di strade già esistenti e la realizzazione, per brevi tratti, di nuove strade, quest'ultime da intendere per gran parte solo come opere a carattere temporaneo.

Nella presente relazione sono esposti i dati acquisiti nello svolgimento delle varie indagini al fine di identificare le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, tettoniche e sismiche del territorio coinvolto dal progetto ed esprimere un parere circa la sua compatibilità sismica.

Per l'espletamento dell'incarico ricevuto sono stati, nel complesso, effettuati:

- ◇ rilevamenti diretti sull'area e in ampie zone circostanti (integrati dallo studio della Carta Geologica d'Italia e delle tavolette topografiche in cui ricade l'area) per acquisire gli elementi tecnici riguardanti la geologia, la morfologia, l'idrogeologia e la sismicità delle zone interessate;
- ◇ studio bibliografico di lavori geognostici eseguiti in aree limitrofe a quelle in esame o comunque appartenenti allo stesso territorio geologico, nonché



d'indagini geologiche, geofisiche e geologico-tecniche a carattere generale eseguite nell'ambito del territorio in esame.

Per la stesura del presente studio si è fatto, inoltre, riferimento alle seguenti leggi:

- ◇ L.R. 9/1983;
- ◇ D.M. 16/01/1996;
- ◇ D.G.R.C. 5447/2002;
- ◇ O.P.C.M. 3274/2003;
- ◇ O.P.C.M. 3316/2003;
- ◇ O.P.C.M. 3333/2004;
- ◇ O.P.C.M. 3431/2005;
- ◇ O.P.C.M. 3519/2006;
- ◇ D.M. 14/09/05-T.U. Costruzioni;
- ◇ Linee Guida finalizzate alla Mitigazione del Rischio Sismico - Indagini ed analisi geologiche, geofisiche e geotecniche (B.U.R.C. 53 del 27 novembre 2006),
- ◇ D.M. 14/01/2008 – NTC2008 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. 30 del 4 febbraio 2008),
- ◇ D.M. 17/01/2018 – NTC2018 – Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. 42 del 20 febbraio 2018).

## **Geologia dell'Appennino Meridionale.**

### ***Orogenesi appenninica.***

L'Appennino Meridionale, sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, va inteso come una porzione del più esteso orogene (catena appenninica) posto lungo la fascia di collisione tra la microplacca adriatica (zolla africana) e quella del mediterraneo occidentale (zolla europea). Esso, inoltre, è delimitato verso NW dalla complessa linea tettonica Ortona-Roccamonfina, che lo separa dall'Appennino Centrale, e verso Sud dalla linea di Sanginetto, che lo separa dall'Arco Calabro-Peloritano.



Fig.1 – Principali linee tettoniche delimitanti l'Appennino Meridionale

L'Appennino Meridionale, da intendere come una catena a falde di ricoprimento con vergenza prevalentemente orientale, risulta posizionato tra il bacino di retro-arco tirrenico, in posizione interna, e l'avampaese apulo-adriatico, in posizione esterna.

Il suo assetto strutturale attuale appare intimamente legato alla genesi, e successiva evoluzione, di fenomeni compressivi e distensivi, che hanno accompagnato la subduzione della zolla africana (microplacca adriatica) al di sotto di quella europea (microplacca del mediterraneo occidentale) ed il progressivo arretramento dell'avampaese apulo-adriatico verso E, il cui margine interno è sprofondato ininterrottamente all'avanzare dell'area di avanfossa.

Quest'ultima a sua volta è stata nel tempo progressivamente interessata, e deformata nella sua porzione più interna, dall'onda di compressione-estensione di provenienza interna, onda generatasi a partire dal Miocene Inferiore-Medio. Dal Tortoniano si evidenzia, inoltre, l'apertura del bacino di retro-arco tirrenico.

L'odierna disposizione delle macrostrutture tettoniche con la collocazione dell'area di catena e l'area di avanfossa (fascia bradanica) interposte tra il bacino



tirrenico e l'avampaese apulo-adriatico, poco deformato, fotografa l'attuale stato di avanzamento della suddetta onda deformativa.

Con il Tardo Pliocene ed il Pleistocene le spinte compressive sembrano ridursi notevolmente e per una parte degli Autori presenti in letteratura segue una fase prevalentemente "surrettiva" della catena, fase legata in buona parte a riequilibri isostatici, durante la quale una tettonica a carattere prevalentemente distensivo ha determinato, attraverso la genesi e l'evoluzione di faglie dirette e verticali, il sollevamento di ampie zone (horst) e conseguentemente l'individuazione di zone depresse (graben). Tra queste ultime assumono importanza notevole gli estesi graben costieri campani della Piana Campana e della Piana del F. Sele.

### ***Strutture sismogenetiche dell'Appennino.***

Per alcuni Autori la disposizione, le caratteristiche e il ruolo svolto da gran parte delle principali discontinuità tettoniche presenti nella catena appenninica, nonché l'attuale assetto dell'intero orogene e la sismicità dell'area della catena, risultano legate al ruolo svolto dall'apertura del bacino tirrenico, apertura che è stata accompagnata durante il tardo Miocene da una rotazione antioraria della penisola italiana.

In tale contesto l'Appennino settentrionale fino al limite con la piattaforma carbonatica laziale-abruzzese assume la valenza di un blocco unico che uniformemente ruota verso E in senso antiorario. L'Appennino Meridionale, invece, si presenta come un ulteriore blocco di rotazione, sempre in senso antiorario, ma con una componente Sud in corrispondenza del settore abruzzese-campano e con una componente Sud-Est in quello lucano-calabrese.

A complicare l'intero sistema interviene lo smembramento del blocco appenninico meridionale in un insieme di unità tettoniche minori, i cui movimenti di rotazione si evidenziano in tempi più recenti, ed in particolare a partire dal Messiniano per la piattaforma abruzzese, dal Pliocene Inferiore - Medio per la Campania ed il Pleistocene per la Calabria.

Il principale polo di rotazione per l'Appennino settentrionale andrebbe collocato in corrispondenza del Massiccio d'Ivrea (Alpi occidentali), mentre quello dell'Appennino meridionale in corrispondenza del Gargano. L'avampaese delle Murgie non sembrerebbe partecipare a tale rotazione, ma un settore della precedente avanfossa bradanica tenderebbe a comprimersi contro di esso.



Il limite tra l'Appennino settentrionale e quello meridionale va probabilmente identificato lungo la fascia di divisione tra le aree interessate da spinte verso NE e quelle verso SE.

In tale contesto assumono importanza evidente la linea tettonica "Ancona-Anzio", linea di debolezza crostale già attivata nel Lias e consistente in una faglia trascorrente destra con rigetto orizzontale massimo di circa 40 km, e la linea "Ortona-Roccamonfina", con asse di allungamento SSE-NNW e costituita da un complesso sistema di faglie.

Nell'ambito di tali complessi movimenti di rotazione ed in particolare riferimento al tratto meridionale dell'Appennino, sembrerebbe evidente e possibile l'individuazione nel Quaternario di due differenti settori affacciati al bacino tirrenico: un primo settore, più settentrionale, caratterizzato da una tettonica distensiva a componente prevalentemente verticale, e un secondo, meridionale, sottoposto, invece, a sforzi a componente prevalentemente orizzontale secondo un'onda di compressione alle spalle della quale si è generata subito una tettonica a blocchi. Il limite tra questi due settori passerebbe per la Valle del Sele.

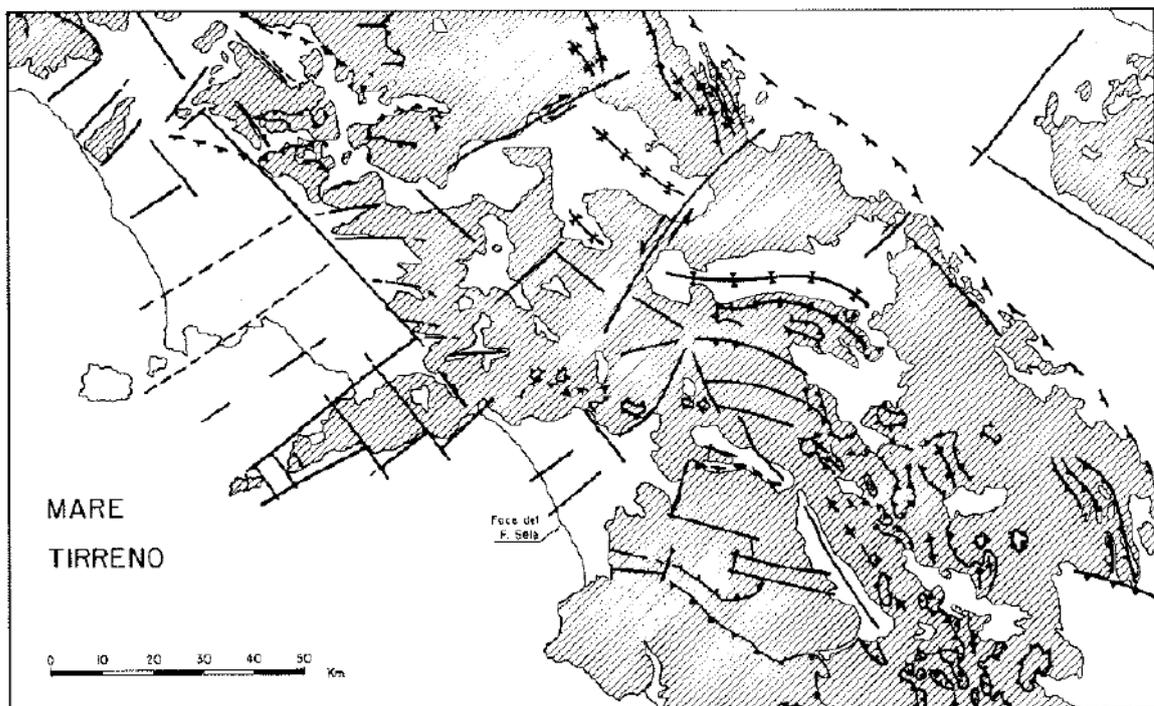


Fig.2 – Principali discontinuità tettoniche presenti nel settore campano-lucano dell'Appennino Meridionale



Tali discontinuità tettoniche, sia quelle coinvolte da tettonica distensiva sia quelle legate ai movimenti di rotazione delle diverse unità strutturali, risultano essere sede di eventi sismici, con maggiore o minore periodicità ed intensità sulla base dell'entità e della tipologia dei diversi movimenti tettonici che li coinvolgono.

### ***Sismicità dell'Appennino Meridionale.***

A Sud della linea "Ortona-Roccamonfina", quest'ultima da intendere come una fascia asismica di direzione N-S che separa il settore centrale della catena appenninica da quello meridionale, la sismicità risulta caratterizzata da terremoti molto profondi sia nelle aree in sollevamento sia in generale nei bacini costieri. In questo settore anche una parte dell'avampaese, a differenza di quanto avviene per quello adriatico nel settore centrale appenninico, che si presenta asismico, mostra discreta sismicità.

Tuttavia, il fronte compressivo di detto settore appenninico meridionale, posto a S dell' "Ortona-Roccamonfina", non è caratterizzato da una elevata ed accentuata concentrazione di attività sismica. Inoltre, i terremoti risultano avere qui una maggiore profondità ipocentrale rispetto a quanto avviene per quelli della porzione centrale dell'Appennino e presentano anche un'intensità maggiore.

I terremoti profondi, che interessano il basso Tirreno, coinvolgono anche le aree costiere dell'Appennino Meridionale, ma solo a partire dalla Valle del Sele verso Sud. Infatti, la "struttura del Sele", che prosegue nel Tirreno, delimita anche sul fondo marino la zona a sismicità profonda, posta a Sud, da quella quasi prevalentemente asismica posta a Nord.

I terremoti con profondità ipocentrali superiori a 200 km tendono a concentrarsi lungo una fascia estesa dalle Eolie al Cilento, a scomparire in corrispondenza dei bacini di Paola e di Gioia ed a ricomparire lungo le restanti fasce costiere. Pertanto, sembrerebbe evidente un legame tra l'ubicazione delle grandi strutture emerse e la localizzazione dei terremoti profondi.

### **Geologia della Regione Campania.**

La Regione Campania risulta caratterizzata da un assetto geologico-strutturale molto complesso, ma in ogni caso riassumibile nella presenza di una porzione interna occupata dall'orogene appenninico meridionale (Appennino Meridionale), con morfologia da collinare a montuosa, e di una porzione costiera



ove sono presenti due ampie depressioni strutturali coincidenti con la Piana Campana e la Piana del F. Sele.

Lungo la fascia tirrenica si distinguono, inoltre, i due alto-strutturali della Penisola Sorrentino-Amalfitana e del Cilento, il primo ad ossatura carbonatica e il secondo "flyschoidé".

La Campania si caratterizza, inoltre, per la presenza di quattro importanti centri vulcanici: il vecchio vulcano del Roccamonfina, posto al confine con il Lazio, l'ancora attivo edificio vulcanico del Somma-Vesuvio, la complessa struttura vulcanica dei Campi Flegrei e l'isola di Ischia.

L'attuale assetto geologico-strutturale della Campania risulta intimamente connesso alla dinamica tettonica che ha interessato la fascia di contatto e di collisione tra la microplacca adriatica (zolla africana) e quella del mediterraneo occidentale (zolla europea), dando vita all'orogene appenninico.

Come già detto in precedenza la catena appenninica risulta essere una complessa struttura a falde di ricoprimento, la cui evoluzione tettonica dall'Oligocene superiore fino al Miocene medio appare riconducibile alla convergenza (collisione) tra la zolla europea e quella africana, con subduzione della seconda al di sotto della prima.

A partire dal Tortoniano superiore fino al Quaternario la propagazione dei sovrascorrimenti e l'apertura del bacino tirrenico sono stati controllati secondo alcuni Autori presenti in Letteratura dal "roll-back" della litosfera dell'avampese in subduzione.

Nell'ambito della pur complessa struttura appenninica è possibile distinguere due strutture arcuate principali, ognuna delle quali caratterizzata da un differente stile deformativo, da una certa entità di raccorciamento e da una diversa modalità di rotazione.

Si individua, quindi, un arco appenninico centro-settentrionale ed un arco appenninico meridionale, la cui linea di separazione è rappresentata dalla trascorrente destra "Ortona-Roccamonfina". A sua volta l'arco appenninico meridionale può essere suddivisibile in diversi archi minori: l'arco molisano-sannitico, l'arco campano-lucano e l'arco calabro.

La zona di passaggio tra l'arco molisano-sannitico, in cui l'ultimo trasporto orogenico viene fatto risalire al Pliocene Superiore, e quello campano-lucano, con l'ultimo trasporto orogenico del Pleistocene Inferiore, ricade nel territorio della Regione Campania.



A nord della ampia piega sinforme dell'Ofanto le strutture ad andamento antiappenninico dell'arco campano-lucano sembrano tagliare le strutture molisano-sannitiche ad andamento appenninico.

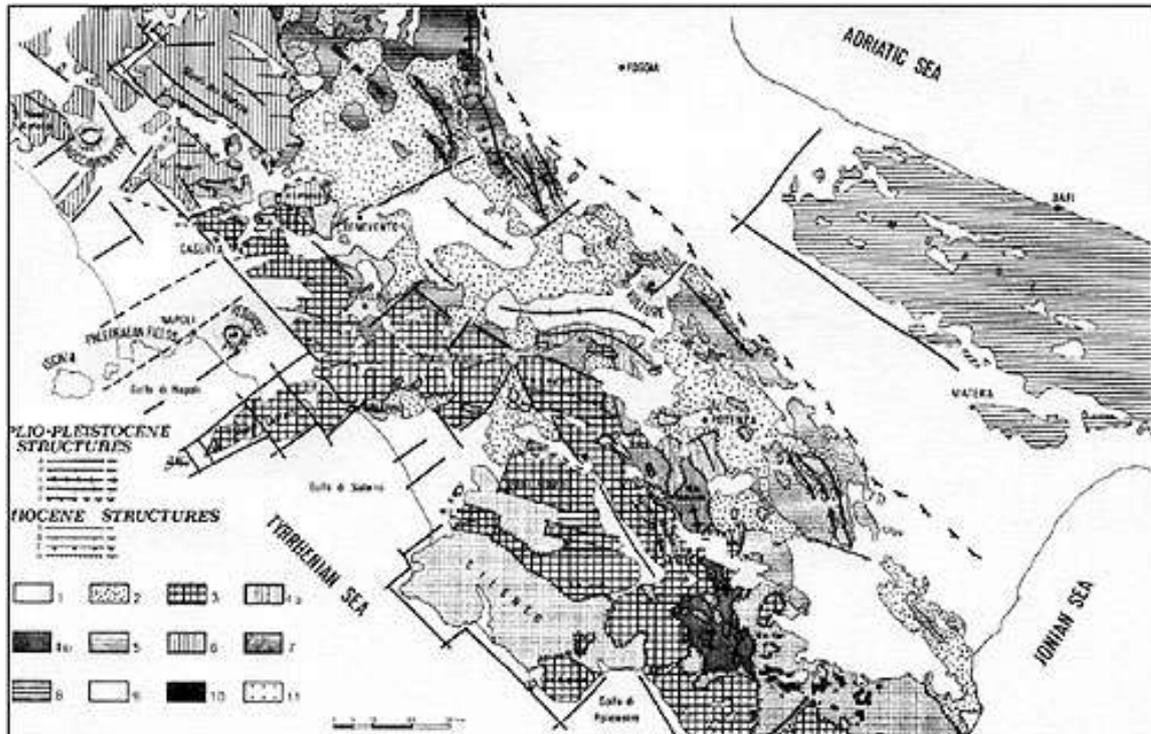


Fig.3 – Schema geologico-strutturale dell'Appennino Meridionale (Campania)

### **Principali unità geologiche campane.**

Nell'ambito del territorio della Regione Campania le principali unità tettoniche formanti l'ossatura dei suoi rilievi montuosi e collinari o presenti nelle depressioni costiere ed intramontane sono:

- *Unità del Matese* le cui successioni costituiscono l'ossatura delle dorsali carbonatiche del Massiccio del Matese, del M. Maggiore e del M. Camposauro. Tali successioni per gran parte di età mesozoica vanno ricondotte ad un dominio paleogeografico di piattaforma carbonatica e di margine di piattaforma. Solo in taluni casi i depositi sembrano riconducibili ad un ambiente di transizione tra una piattaforma carbonatica ed il bacino antistante.
- *Unità del Sannio* costituita dal basso verso l'alto da sedimenti carbonatici con intercalazioni di emipelagiti, da biocalcareni ed emipelagiti verdi con intercalazioni di livelli vulcanoclastici, da quarzoareniti numidiche e depositi calciclastici e silicoclastici. Nell'ambito della successione di detti



terreni non mancano numerose lacune stratigrafiche, mentre l'età da attribuire varia dal Cretaceo per i primi sedimenti carbonatici al Miocene medio per i depositi calciclastici e silicoclastici sommitali.

- *Unità del Fortore* costituita dal basso verso l'alto da un membro argilloso-marnoso e un membro calcareo-marnoso a cui seguono successioni di arenarie torbiditiche, vulcano-clastiche e arcoseo-litiche con presenza di intercalazioni di emipelagiti e di quarzoareniti numidiche. Tali terreni sono presenti nei Monti del Sannio e nel territorio del Fortore e ad essi va attribuita un'età variabile dal Cretacico (base argilloso-marnoso-calcarea dell'Unità) al Miocene Medio (quarzoareniti numidiche).
- *Unità Sicilidi* costituite da successioni di argilliti di vario colore e subordinatamente di argilliti silicoclastiche, marne, areniti carbonatiche e sedimenti pelitico-arenacei. Ad essi in generale può essere attribuita un'età cretaco-eocenica ed una provenienza interna, cioè da un bacino collocato in posizione interna rispetto alla piattaforma campano-lucana.
- *Unità della Daunia* affiorante al confine tra la Campania e la Puglia ed in Irpinia e costituita dal basso verso l'alto da argille policrome con intercalazioni di calcari torbiditici di età Oligocene Superiore – Miocene Inferiore, quarzoareniti numidiche langhiane, marne calcaree e calcari marnosi langhiani e serravalliani, peliti con intercalazioni di arenarie fini tortoniane e messiniane.
- *Unità del Fiume Tusciano* affiorante solo in finestra tettonica a Campagna e costituita dal basso verso l'alto da conglomerati calcarei di età compresa tra il Trias Superiore e il Giurassico, biocalcareni oligoceniche, emipelagiti verdi del Miocene Inferiore, calcari detritici con intercalazioni di emipelagiti del Miocene Inferiore-Medio, calcilutiti e torbiditi arenacei del Miocene Medio. Tale Unità nella successione dei terreni non è priva di lacune stratigrafiche.
- *Unità Alburno-Cervati* costituita da potenti successioni carbonatiche formanti l'ossatura dei Monti di Caserta, del Monte Taburno, dei Monti di Avella, dei Monti di Sarno, della Penisola Sorrentina, del M. Terminio-M. Cervialto, dei Monti Alburni e del M. Cervati. Tale unità appare costituita dal basso verso l'alto da dolomie triassiche, da calcari dolomitici e calcari giurassici e cretaci, biocalcilutiti, calcareniti e marne paleo-eocenici, argille e marne residuali oligocenici, calcareniti bioclastiche glauconiti che aquitaniane (Miocene Inferiore), calcari ittiolitici miocenici (Miocene Medio), quarzoarenitici torbiditiche langhiane (Miocene Medio).
- *Unità dei Monti della Maddalena* costituita da una successione sedimentaria legata al margine esterno della piattaforma campano-



lucana e comprendente alla base dolomie e calcari triassici e giurassici a cui seguono calcari di età variabile dal Giurassico Medio al Miocene Inferiore, emipelagiti verdi con intercalazioni vulcanoclastiche e quarzoareniti numidiche langhiane (Miocene Medio), sedimenti flyscoidi del Miocene Superiore. Tale unità è presente come ossatura dei principali rilievi dei Monti della Maddalena e del Monte Marzano.

- *Unità Liguridi* costituite alla base da rocce derivanti da un basamento ofiolitico seguite verso l'alto da argilliti varicolori e da successioni torbiditiche argilloso-arenacee e marnoso-calcaree. L'età da attribuire è altogiurassico-oligocenica e come per le Unità Sicilidi la provenienza è probabilmente interna.
- *Unità di Monte Bulgheria - Verbicaro* costituita da potenti successioni carbonatiche comprendenti dal basso verso l'alto dolomie triassiche, calcari e calcari detritici cretacico-miocenici con intercalazioni di emipelagiti, torbidili carbonatiche sempre con intercalazioni di emipelagiti ed arenarie quarzose numidiche, quest'ultime di età miocenica inferiore-media. Tali successioni sono presenti nel Monte Bulgheria (Cilento) ed a Capri.

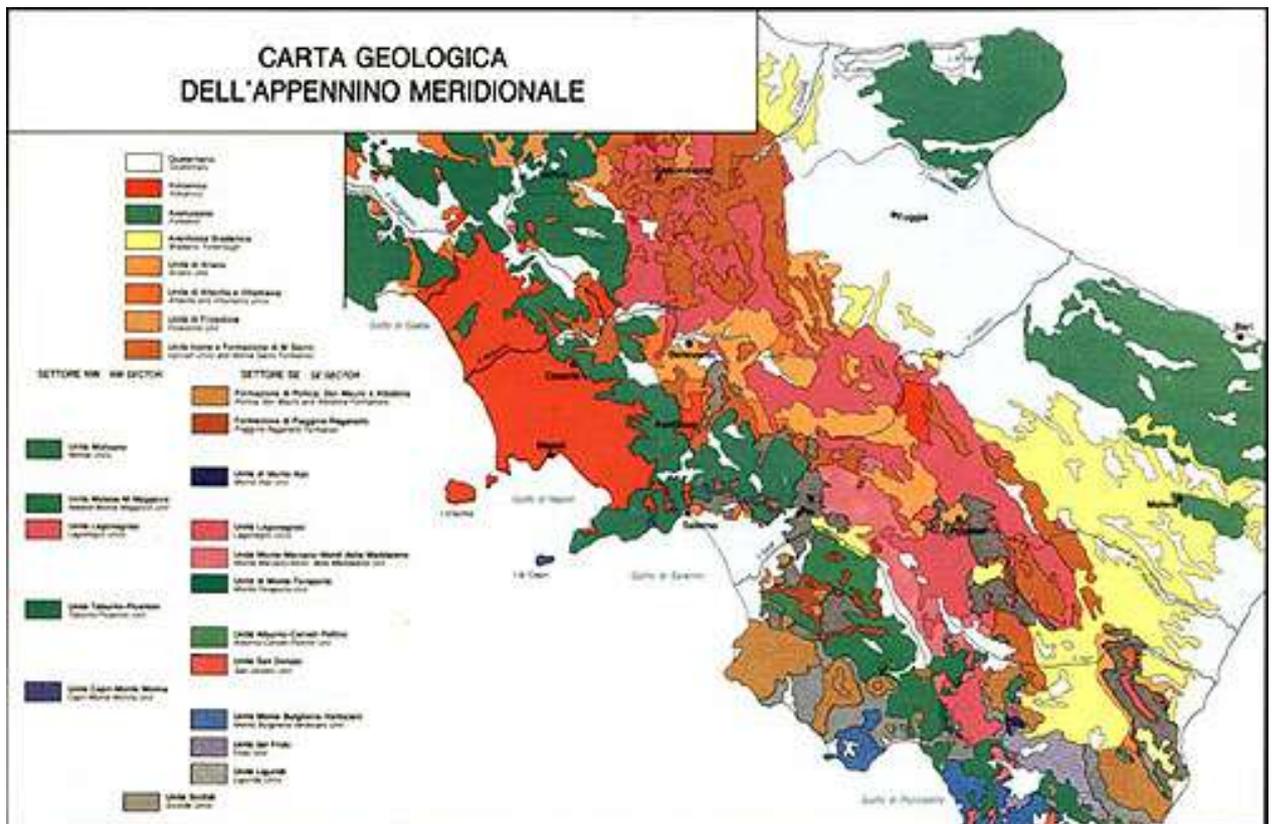


Fig.4 – Carta Geologica schematica dell'Appennino Meridionale (Campania)



Al di sopra di queste unità tettoniche principali si ritrovano in discordanza stratigrafica sedimenti depositi in bacini presenti sul dorso delle coltri in accavallamento ed in avanzamento durante la strutturazione della catena appenninica. Tra questi è possibile annoverare per esempio i terreni appartenenti al Gruppo del Cilento (Formazione di Pollica, Formazione di San Mauro, ecc.), posti in contatto stratigrafico discordante sulle Unità Liguridi, sulle Sicilidi, sull'Unità di M. Bulgheria e sull'Unità Alburno-Cervati.

Infine, si ritrovano a ricoprimento di tutti i terreni campani precedentemente esaminati (unità tettoniche e successioni di bacini posti sulle coltri in accavallamento) sedimenti quaternari continentali, marini e vulcanici, questi ultimi legati alle attività più recenti dei diversi centri eruttivi campani.

### ***Principali discontinuità tettoniche quaternarie campane***

Come già visto nei paragrafi precedenti, nell'ambito dei complessi movimenti di rotazione che hanno coinvolto la porzione meridionale dell'Appennino, è possibile distinguere nel settore campano nel Quaternario due differenti macroaree affacciate al bacino tirrenico:

- ✓ una prima, più settentrionale, caratterizzato da una tettonica distensiva a componente prevalentemente verticale;
- ✓ una seconda, meridionale, sottoposta, invece, a sforzi a componente prevalentemente orizzontale secondo un'onda di compressione alle spalle della quale si è generata subito una tettonica a blocchi.

Il limite tra questi due settori passerebbe per la Valle del Sele.

Tali discontinuità tettoniche, sia quelle coinvolte da tettonica distensiva sia quelle legate ai movimenti di rotazione delle diverse unità strutturali risultano essere sede di eventi sismici, con maggiore o minore periodicità ed intensità sulla base dell'entità e della tipologia dei diversi movimenti tettonici che li coinvolgono. Appare per questo utile esaminare l'attuale sistema di faglie, prevalentemente quaternarie, presente sul territorio della Regione Campania (Fig.5).

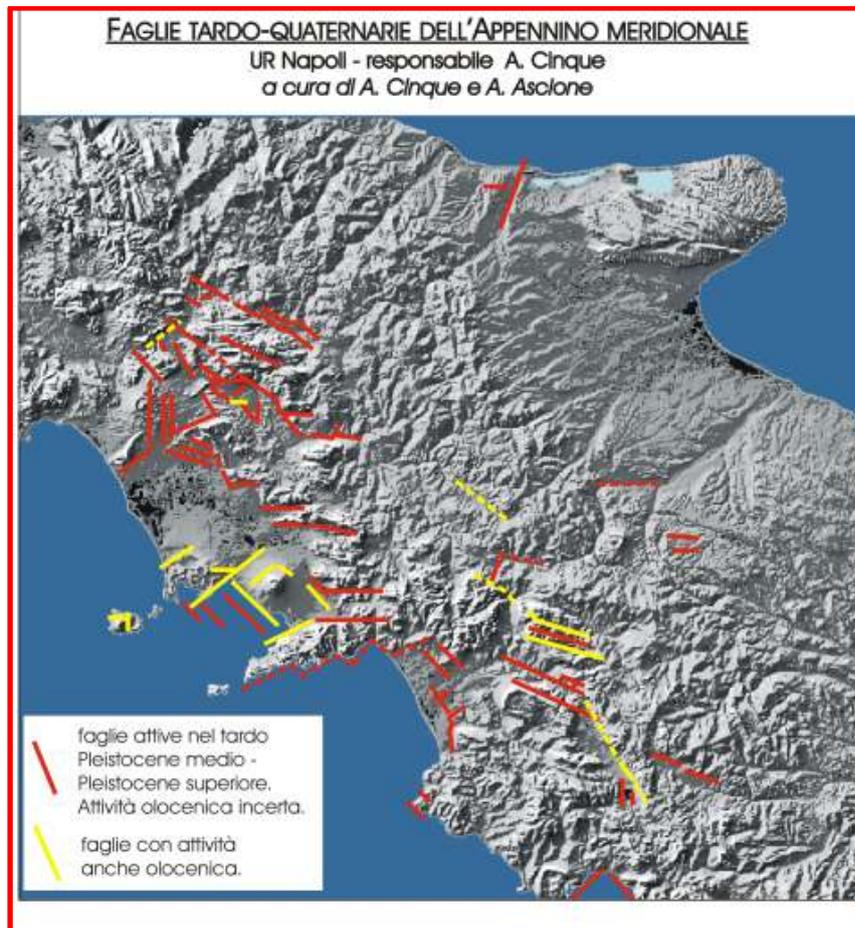
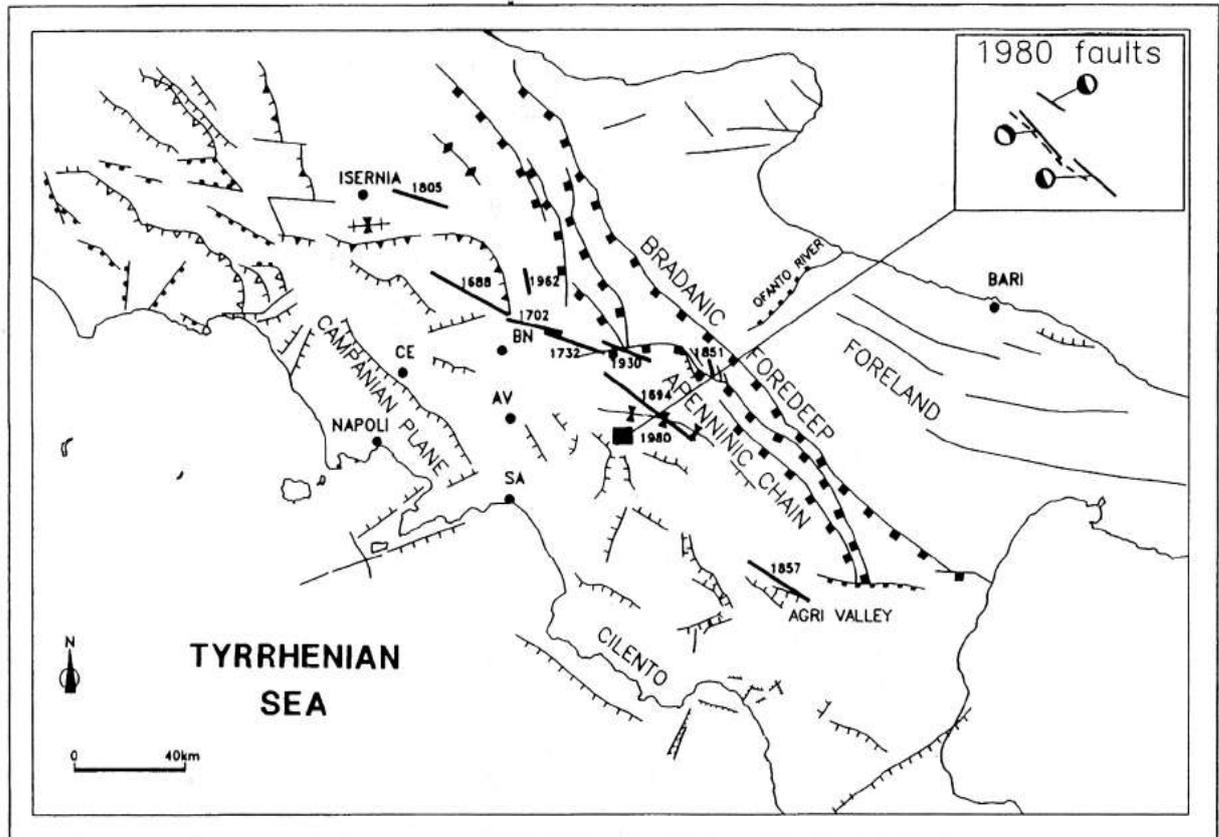


Fig.5 – Carta delle faglie tardo-quaternarie dell'Appennino campano

Analizzando la carta di Fig.5 e 6 si nota come lungo la fascia peritirrenica, che va dalla Calabria settentrionale alla Campania settentrionale, sia evidente la presenza di numerose faglie ad andamento antiappenninico che per gran parte si esauriscono verso NE contro faglie ad andamento appenninico.

In corrispondenza dell'alta valle del F. Volturno la discontinuità tettonica longitudinale sembrerebbe essersi infilata più profondamente all'interno della catena, verso il cuore dell'orogene, interagendo con il sistema di faglie ad andamento appenninico del Matese.



**LEGENDA**

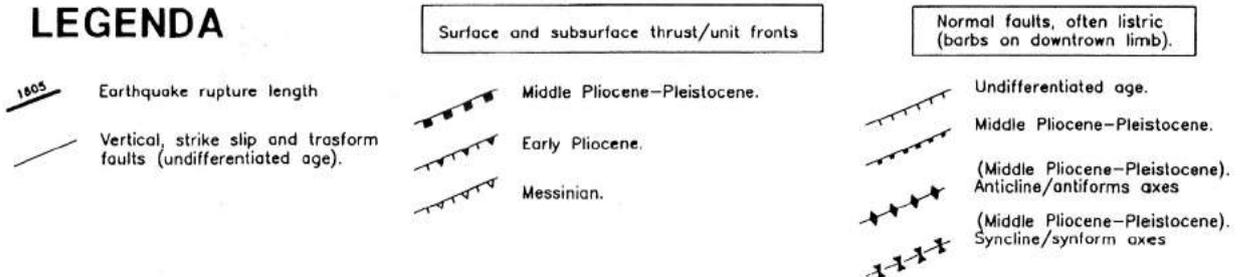


Fig.6 – Carta dei principale elementi strutturali dell’Appennino Meridionale

Immediatamente a NE della dorsale di Monte Massico, nell’area dell’antico vulcano del Roccamonfina, sono presenti alcune faglie con andamento W-E e con rigetto limitato ed un fascio di altre faglie, di interesse maggiore, parallele, molto vicine tra loro e ad andamento N-S. Queste ultime sembrerebbero legate secondo vari studi a fenomeni di vulcano-tettonica.

La valle del F. Calore, nel Beneventano, risulta controllata da faglie ad andamento W-E, faglie che sembrerebbero legate a complessi fenomeni connessi al collasso della fascia peritirrenica ed al contemporaneo allargamento verso E del



graben costiero della Piana Campana. Tale tendenza sarebbe continuata anche dopo la messa in posto dei prodotti dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana come mostrerebbero vari elementi presenti sul confine sud-orientale della Piana Campana.

Un'uguale orientazione è presente nelle discontinuità tettoniche visibili nell'area di affioramento dei conglomerati di Irsina, al confine tra la Basilicata e la Puglia, ove influenzano la morfologia del reticolo fluviale locale, e più a nord nell'area di affioramento dei sedimenti del Pleistocene Medio del bacino di Venosa, ove determinano varie dislocazioni.

Di tutte le discontinuità tettoniche riportate nelle figure 5, 6 e 7, quelle caratterizzate da maggiori rigetti durante il Quaternario sono le faglie poste sui margini sia dei bacini (graben) peritirrenici, faglie impostatesi in generale a partire dal Pleistocene Inferiore, sia delle depressioni intramontane, ove le faglie sembrerebbero risalire al Pleistocene Medio.

In merito ad una valutazione seppur approssimativa dell'entità dello scorrimento lungo le superfici di dette faglie, è possibile affermare in via generale come per l'intero sistema di discontinuità relativo a ciascun graben costiero campano i valori si aggirino intorno ai 2 mm/a, mentre per i sistemi di faglie controllanti le conche intramontane i valori sarebbero nell'ordine di 0.3 mm/a. Tali valutazioni sono però ancora oggi oggetto di valutazione più approfondita da parte della comunità scientifica.

L'entità dei disturbi registrati in corrispondenza delle superfici deposizionali medio-pleistoceniche, come per esempio in corrispondenza dell'antico vulcano del Roccamonfina, dei terrazzi fluviali dell'alto corso del fiume Volturno e delle valli alluvionali dei fiumi Agri, Sele e Tanagro, presenti nelle fasce peritirrenica ed assiale del tratto campano della catena appenninica, consentono di valutare i rigetti delle faglie dislocanti nell'ordine di 20-30 m. Tali valori di rigetto, che portano ad una velocità di scorrimento lungo i vari sistemi di faglie collegate alle diverse depressioni (costiere e intramontane) nell'ordine di 0,05 e 0,15 mm/a, fanno pensare ad una riduzione dei ritmi di fagliazione a partire dal Pleistocene Medio e quindi ad una attività tettonica tardo-aternaria molto lenta o molto sporadica.

D'altronde sono presenti nel periodo che va dal Pleistocene Superiore all'Olocene evidenze circa una riduzione nella velocità di subsidenza della Piana Campana, nel suo settore posto a Nord dell'area vulcanica dei Campi Flegrei, mentre la Piana del Garigliano nello stesso periodo si mostra sostanzialmente stabile. La Piana del F. Sele è interessata da elevata subsidenza nel periodo Pleistocene Inferiore - Medio, mentre nella restante parte del Pleistocene si caratterizza per leggeri sollevamenti.



Le aree ubicate in corrispondenza degli alti strutturali, posti a delimitazione delle depressioni costiere tirreniche, rimangono nel periodo Pleistocene Superiore – Olocene sostanzialmente stabili, mentre sono soggette a sollevamenti, stimabili nell'ordine di alcune centinaia di metri, durante il Pleistocene Inferiore – Medio.

Le aree del Golfo di Napoli e della contigua porzione meridionale della Piana Campana sono sede di una consistente tettonica tardo-quadernaria (fig.6) con la riattivazione di faglie sia ad andamento NE sia NW, riattivazione probabilmente legata ad eventi vulcano-tettonici. In merito, da studi approfonditi si evince che la gran parte delle dislocazioni avvenute nel periodo tardo-quadernario si sia sviluppata lungo faglie preesistenti ad elevato angolo riattivate, alcune delle quali risalenti anche al Pliocene.

Le carte proposte nelle figure 5 e 7, tratte dalla letteratura scientifica, non sono prive di lacune dal momento che ampie zone poste nelle aree esterne della catena appenninica non sono state ancora indagate sufficientemente dal punto di vista geomorfologico e stratigrafico. Inoltre, mentre nelle aree ove sono presenti formazioni tardo-quadernarie e superfici deposizionali è possibile valutare discretamente i disturbi morfologici causati dai "fagliamenti", così come nelle aree ove predominano le litologie rigide (calcarei, ecc.) e sono visibili ed esposti i liscioni di faglia, nelle aree caratterizzate dalla presenza in affioramento di litologie più erodibili, interessate da movimenti franosi ed ove le scarpate create dalla tettonica recente sono state rapidamente occultate, tale valutazione appare molto difficile e non sempre possibile.

In ogni caso se si confrontano le carte della distribuzione delle faglie quadernarie in Campania con quelle sottostanti della sismicità storica e recente (figg. 10 e 11) appare evidente la non perfetta corrispondenza tra le principali faglie attive e gli eventi sismici avvenuti in età storica, quest'ultimi concentrati in una stretta fascia posta lungo l'asse della catena appenninica. Tale incongruenza potrebbe essere spiegata con il fatto che varie faglie hanno un'attività caratterizzata da lunghi periodi di quiescenza, periodi anche di molti millenni.

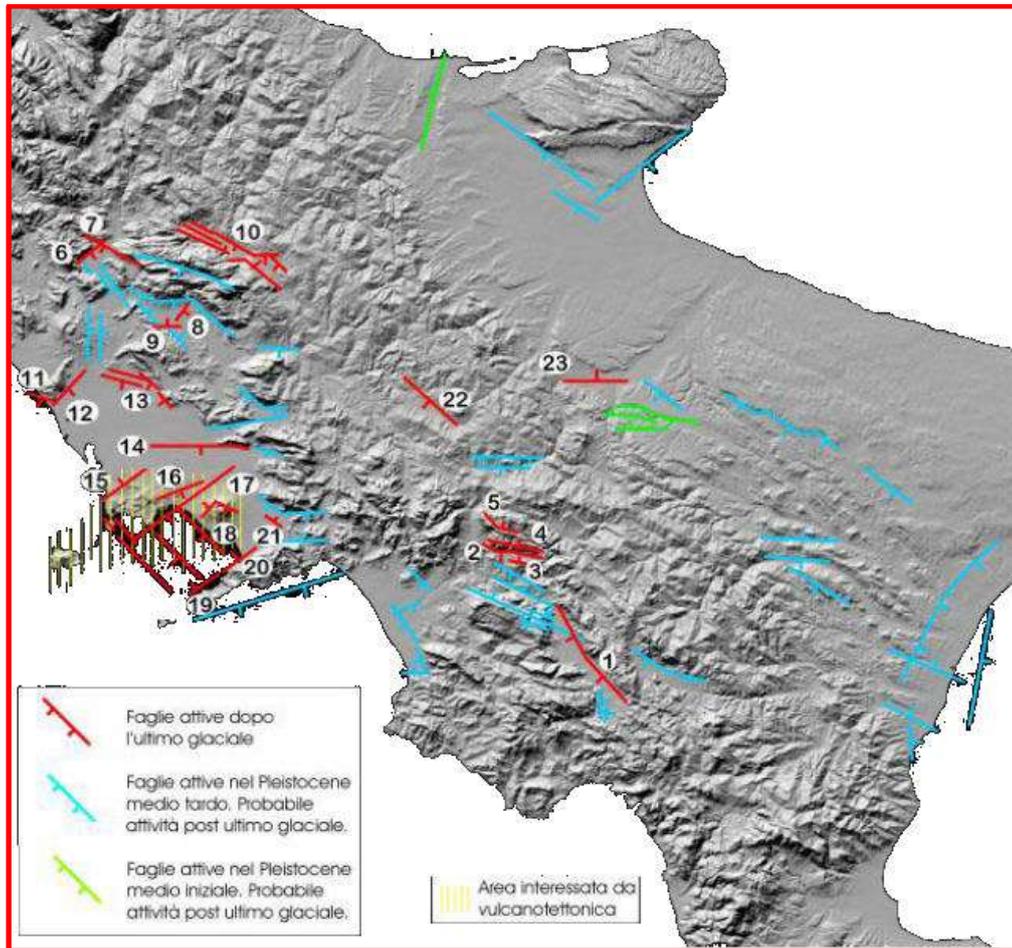


Fig.7 - Carta delle faglie attive dell'Appennino campano

### **Sismicità della Regione Campania.**

Dal punto di vista sismico nel territorio della Regione Campania è possibile distinguere approssimativamente tre aree a diverso comportamento, caratterizzate da una sismicità differente. Si parla in merito di un'area costiera tirrenica, di un'area vulcanica, quest'ultima comprendente i distretti vulcanici del Somma-Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia, e di un'area appenninica. Mentre per le aree costiera e vulcanica è possibile parlare di una sismicità più ridotta o comunque più episodica, per quella posta lungo la dorsale appenninica è necessario parlare di una sismicità più diffusa ed elevata.

Da un'analisi attenta della sismicità storica e recente del territorio campano appare evidente come gli eventi sismici più catastrofici si siano registrati lungo il confine regionale tra la Campania ed il Molise e tra la Campania, la Puglia e la Basilicata, in particolare nei territori del Matese, del Sannio e dell'Irpinia. Tali zone



sono, quindi, da ritenere le aree della Regione Campania a più elevata pericolosità sismica.

Infatti, nell'ambito della nuova Classificazione Sismica della Regione Campania stabilita dal D.G.R. n° 5447 del 2002, da cui la sottostante carta di sintesi (Fig.8) è tratta, appare evidente come i territori comunali posti lungo la dorsale appenninica siano quelli a maggiore sismicità (aree rosse).

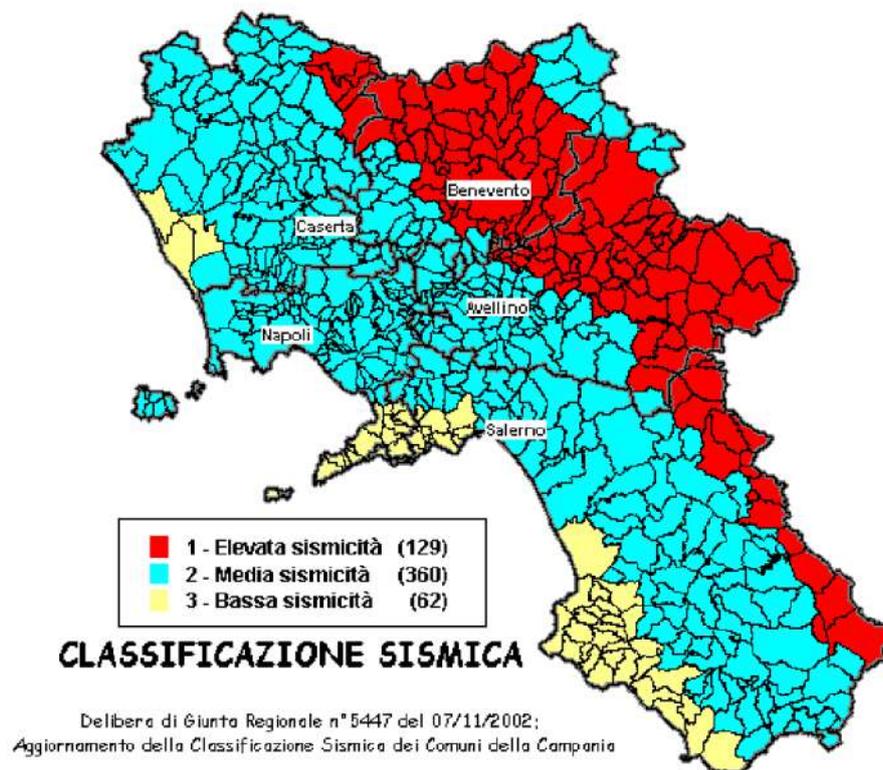


Fig.8 – Carta dei diversi gradi di sismicità in Campania (D.G.R. n° 5447/2002)

Nelle zone sismogenetiche poste lungo la dorsale appenninica, ove gli ipocentri dei sismi fino ad ora registrati risultano in gran parte più profondi delle altre zone (area vulcanica), l'energia sismica tende ad irradiarsi per lunghe distanze ed a determinare sulla superficie effetti spesso catastrofici. L'entità degli effetti al suolo di un evento sismico ovviamente dipende da tutta una serie di elementi tra cui si ritrovano: le caratteristiche della sorgente sismica, il meccanismo di liberazione dell'energia, i fenomeni di attenuazione o di amplificazione tra la sorgente sismica e l'area coinvolta.

Nelle zone poste nelle aree vulcaniche campane, invece, la sismicità è mediamente più bassa a causa di un non elevato accumulo di energia, fatto dovuto



alle particolari caratteristiche meccaniche delle rocce vulcaniche (bassa rigidità) e alla presenza di sforzi agenti estremamente concentrati. Tali aree si caratterizzano per una scarsa profondità ipocentrale che per effetto di una forte attenuazione attraverso gli orizzonti vulcanici determina un'estensione dell'area epicentrale molto ridotta.

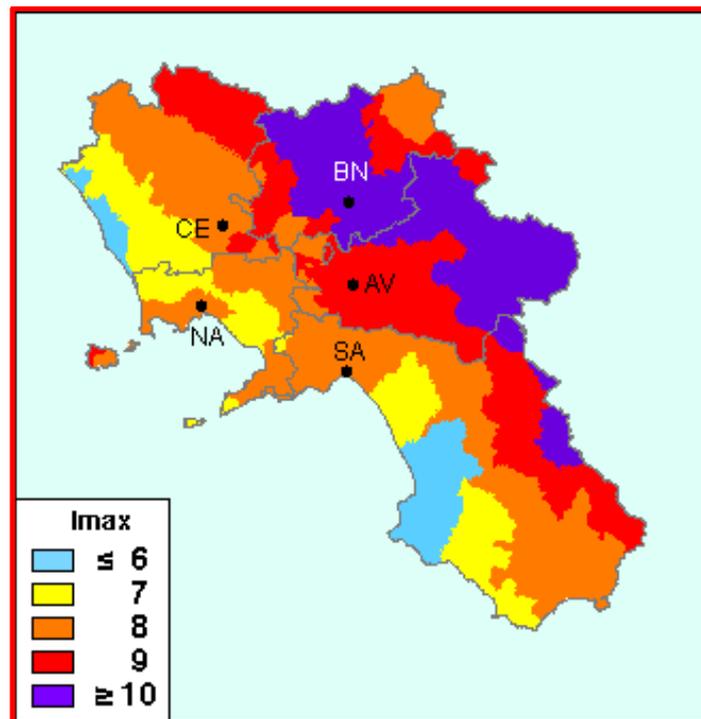


Fig.9 – Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nella Regione Campania

Come già detto, quindi, la Regione Campania si caratterizza per l'elevata sismicità delle aree poste lungo la fascia centrale dell'Appennino Meridionale, fascia disposta secondo un asse di allungamento NW-SE e ben individuabile nelle carte sottostanti (Figg. 10 e 11) attraverso l'identificazione delle zone di maggior concentrazione degli epicentri dei sismi sia storici sia recenti.

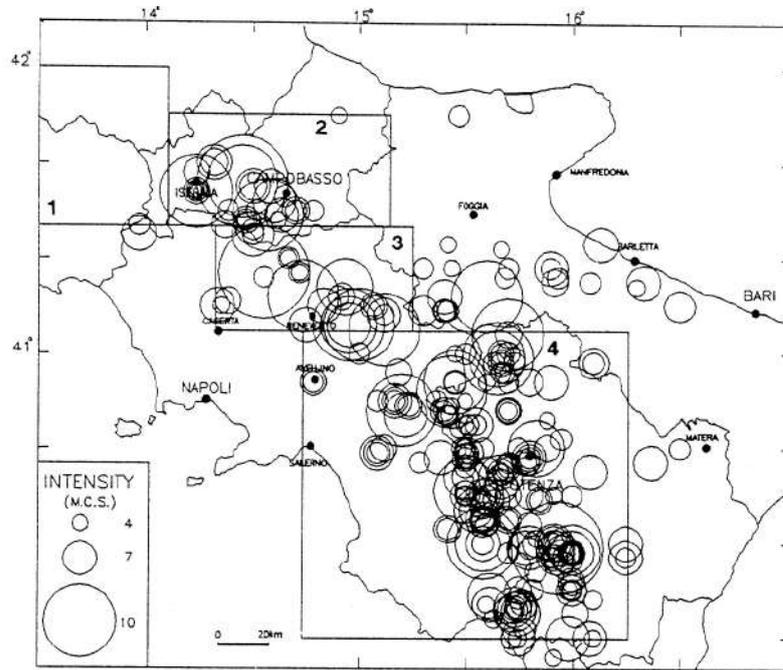


Fig.10 - Carta della distribuzione degli epicentri macrosismici per i terremoti dal 1000 al 1980 nell'Appennino Meridionale.

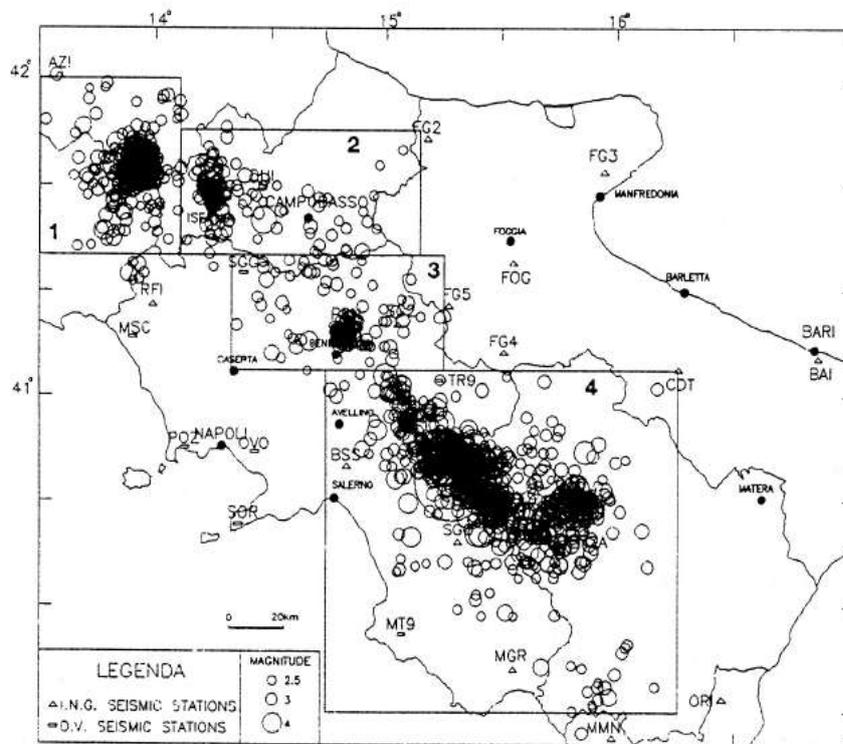


Fig.11 - Carta della distribuzione degli epicentri degli eventi sismici dal 1980 al 1991.



Per quanto riguarda la **pericolosità sismica** della Regione Campania è qui di seguito proposta la carta (O.P.C.M. 3519/2006) relativa ai valori di pericolosità espressi in termini di valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s.

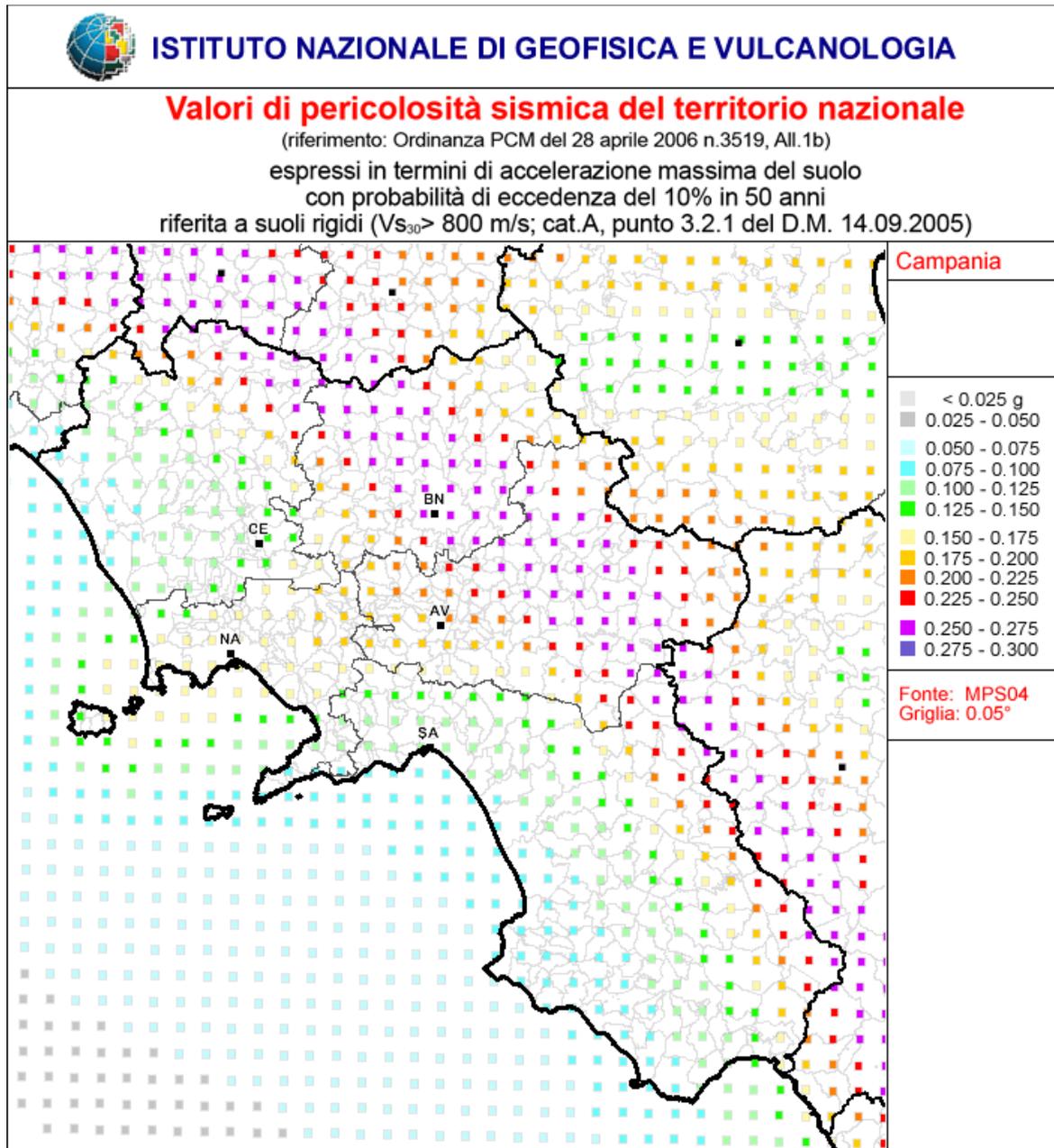


Fig.12 - Carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale (Regione Campania).



In essa è possibile notare come i valori di  $a_g$  lungo la fascia centrale appenninica (Province di Benevento e Avellino) siano compresi tra 0.200 e 0.300 g, valori che nell'ambito della scala risultano essere i più elevati.

### **Sismicità della provincia di Benevento**

Il territorio provinciale di Benevento si estende per gran parte proprio lungo la suddetta fascia centrale dell'Appennino Meridionale, fascia come già visto interessata da un'elevata sismicità.

Per comprendere meglio il livello di tale sismicità e la storia sismica della Provincia di Benevento appare opportuno riportare qui di seguito la carta con relativo elenco delle massime intensità macrosismiche osservate per tale territorio.

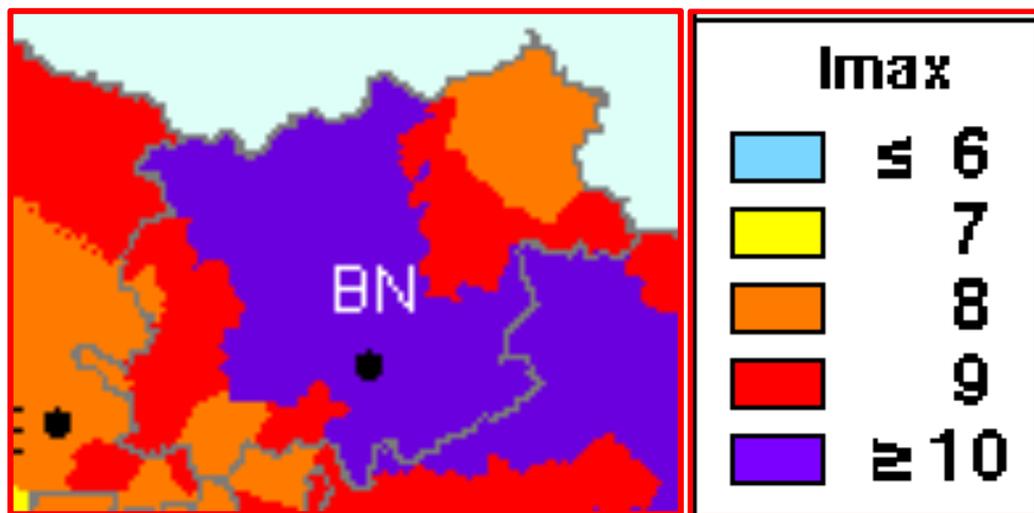


Fig.13 – Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Benevento



-Elenco Massime Intensità Macrosismiche osservate nella Provincia di Benevento-



Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
AIROLA	15	62	1	41.05979	14.55446	8
AMOROSI	15	62	2	41.20202	14.46227	8
APICE	15	62	3	41.11836	14.93107	>=10
APOLLOSA	15	62	4	41.09289	14.70144	9
ARPAIA	15	62	5	41.03514	14.54716	8
ARPAISE	15	62	6	41.02951	14.74379	>=10
BASELICE	15	62	7	41.39312	14.97291	8
BENEVENTO	15	62	8	41.12905	14.77703	>=10
BONEA	15	62	9	41.07534	14.61817	8
BUCCIANO	15	62	10	41.07543	14.57336	8
BUONALBERGO	15	62	11	41.22229	14.98002	>=10
CALVI	15	62	12	41.07185	14.86579	>=10
CAMPOLATTARO	15	62	13	41.28716	14.73244	>=10
CAMPOLI DEL MONTE TABURNO	15	62	14	41.13064	14.64637	>=10
CASALDUNI	15	62	15	41.25990	14.69519	>=10
CASTELFRANCO IN MISCANO	15	62	16	41.29695	15.08505	9
CASTELPAGANO	15	62	17	41.39932	14.80647	>=10
CASTELPOTO	15	62	18	41.14008	14.70466	>=10
CASTELVENERE	15	62	19	41.23412	14.54607	9
CASTELVETERE IN VAL FORTORE	15	62	20	41.44178	14.94011	8
CAUTANO	15	62	21	41.14922	14.63669	>=10
CEPPALONI	15	62	22	41.04460	14.76013	>=10
CERRETO SANNITA	15	62	23	41.28468	14.55976	>=10
CIRCELLO	15	62	24	41.35720	14.80824	>=10
COLLE SANNITA	15	62	25	41.36395	14.83327	9
CUSANO MUTRI	15	62	26	41.33796	14.50729	>=10
DUGENTA	15	62	27	41.13185	14.45226	9
DURAZZANO	15	62	28	41.06294	14.44642	9
FAICCHIO	15	62	29	41.27737	14.47916	9
FOGLIANISE	15	62	30	41.16429	14.66679	>=10
FOIANO DI VAL FORTORE	15	62	31	41.35203	14.98025	8
FORCHIA	15	62	32	41.02984	14.53675	8
FRAGNETO L`ABATE	15	62	33	41.25913	14.78527	>=10
FRAGNETO MONFORTE	15	62	34	41.24617	14.76093	>=10
FRASSO TELESINO	15	62	35	41.15585	14.52703	9
GINESTRA DEGLI SCHIAVONI	15	62	36	41.27793	15.04036	9
GUARDIA SANFRAMONDI	15	62	37	41.25518	14.59656	>=10
LIMATOLA	15	62	38	41.14009	14.39280	8
MELIZZANO	15	62	39	41.16013	14.50497	9
MOIANO	15	62	40	41.08040	14.54375	8
MOLINARA	15	62	41	41.29538	14.90850	9
MONTEFALCONE DI VAL FORTORE	15	62	42	41.32534	15.01006	8
MONTESARCHIO	15	62	43	41.06419	14.63960	9
MORCONE	15	62	44	41.34021	14.66367	>=10
PADULI	15	62	45	41.16419	14.87985	>=10
PAGO VEIANO	15	62	46	41.24741	14.87140	9
PANNARANO	15	62	47	41.00978	14.70366	9
PAOLISI	15	62	48	41.03636	14.57996	8
PAUPISI	15	62	49	41.19482	14.66629	>=10
PESCO SANNITA	15	62	50	41.23389	14.81174	>=10
PIETRAROJA	15	62	51	41.34663	14.54943	>=10
PIETRELCINA	15	62	52	41.19707	14.84786	>=10
PONTE	15	62	53	41.21360	14.69568	>=10
PONTELANDOLFO	15	62	54	41.28603	14.69296	>=10



PUGLIANELLO	15	62	55	41.22284	14.44955	8
REINO	15	62	56	41.29098	14.82380	>=10
SAN BARTOLOMEO IN GALDO	15	62	57	41.41104	15.01641	8
SAN GIORGIO DEL SANNIO	15	62	58	41.06114	14.85389	>=10
SAN GIORGIO LA MOLARA	15	62	59	41.27038	14.91864	9
SAN LEUCIO DEL SANNIO	15	62	60	41.07343	14.75761	>=10
SAN LORENZELLO	15	62	61	41.27691	14.54304	>=10
SAN LORENZO MAGGIORE	15	62	62	41.25091	14.62610	>=10
SAN LUPO	15	62	63	41.25980	14.63550	>=10
SAN MARCO DEI CAVOTI	15	62	64	41.30856	14.87834	9
SAN MARTINO SANNITA	15	62	65	41.06541	14.83664	>=10
SAN NAZZARO	15	62	66	41.05101	14.85658	>=10
SAN NICOLA MANFREDI	15	62	67	41.07127	14.82471	>=10
SAN SALVATORE TELESINO	15	62	68	41.23603	14.49864	9
SANTA CROCE DEL SANNIO	15	62	69	41.38738	14.73217	>=10
SANT'AGATA DE' GOTI	15	62	70	41.08852	14.50425	9
SANT'ANGELO A CUPOLO	15	62	71	41.06914	14.80403	>=10
SASSINORO	15	62	72	41.37365	14.66353	>=10
SOLOPACA	15	62	73	41.19178	14.54844	9
TELESE	15	62	74	41.21611	14.52682	9
TOCCO CAUDIO	15	62	75	41.12380	14.62721	>=10
TORRECUSO	15	62	76	41.18930	14.67969	>=10
VITULANO	15	62	77	41.17377	14.64571	>=10
SANT'ARCANGELO TRIMONTE	15	62	78	41.16422	14.93914	>=10

Dall'analisi di questi dati si evince come gran parte della Provincia di Benevento abbia una storia sismica caratterizzata da eventi sismici con intensità massime macrosismiche osservate  $I_{max}$  maggiori o uguali a 10. Solo nelle porzioni nord-orientale e sud-occidentali si ritrovano eventi con  $I_{max}$  comprese tra valori di 9 e 8.

Infine, per quanto riguarda la pericolosità sismica della Provincia di Benevento è qui di seguito proposto uno stralcio della carta (O.P.C.M. 3519/2006) relativa ai valori di pericolosità espressi in termini di valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s.

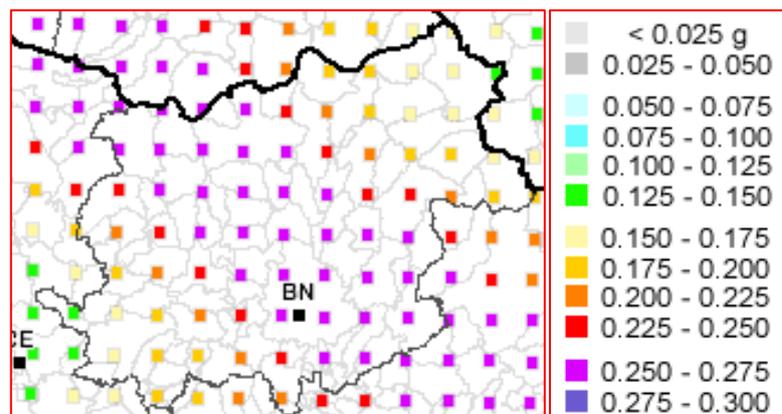


Fig.13 – Stralcio Carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale (Provincia di Benevento).



## Geologia dell'area in esame.

### ***Inquadramento geologico e tettonico dell'area in esame.***

Il territorio in esame, su cui è prevista secondo progetto la realizzazione di un parco eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, parco costituito in totale da n°7 aerogeneratori, tutti ubicati nel territorio comunale di Castelpagano, ed una stazione di trasformazione 30-150 KV, prevista nel territorio comunale di Morcone, ricade in Provincia di Benevento, nella Regione Campania.

In particolare la zona, su cui sono previsti i sette aerogeneratori (identificati secondo progetto con le sigle CA01, CA02, CA03, CA04, CA05, CA06 e CA07), si estende lungo la porzione nord-orientale del territorio comunale di Castelpagano, coinvolgendo nella fattispecie le località di "Masseria Fattori" e di "Masseria Richi".

Le caratteristiche litologiche e l'attuale posizione dei terreni affioranti nell'intera area in esame, va ricondotta ai diversi ambiente di origine e alla successione di eventi di natura tettonica che li hanno coinvolti nel tempo.

Durante tutto il Paleogene, sino al Miocene Inferiore, il Bacino di Lagonegro, compreso tra la piattaforma interna (Piattaforma Campano-Lucana) e quella esterna (Piattaforma Apula), ha visto la sedimentazione dei terreni argillosi e calcareo-torbiditici del Flysch Rosso e delle Argille Varicolori, a cui nel Miocene Inferiore è subentrata per ampi settori la sedimentazione del Flysch Numidico, il cui detrito proveniva da zone africane.

La fase tettonica langhiana determina la formazione del Bacino Irpino con l'individuazione di aree di piggy-back, di avanfossa e di avampaese. Nel Miocene medio nell'area di piggy-back avviene sul substrato deformato, costituito dalla porzione basale dell'Unità del Sannio, la sedimentazione del Flysch di San Bartolomeo (detritico-arenaceo), mentre nell'avanfossa al Flysch Numidico segue la sedimentazione della Formazione di Serra Palazzo (arenaceo-calcareo-marnoso). Infine, nell'avampaese si ha la sedimentazione calcareo-marnosa del Flysch di Faeto.

La fase tettonica tortoniana interrompe la sedimentazione e determina la formazione delle principali strutture tettoniche a vergenza orientale. Nei bacini formati dopo questa fase tettonica avviene la sedimentazione evaporitica (Unità di Altavilla-Villamaina) legata alla crisi di salinità del Mediterraneo durante il Messiniano.

Nel Pliocene Inferiore a causa di estesi fenomeni di subsidenza si ha una fase d'ingressione marina con conseguente sedimentazione dei depositi clastici dell'Unità di Ariano ed a cui fa seguito una fase tettonica compressiva (Pliocene



Medio) che determina l'accentuazione delle strutture preesistenti e la formazione di sinclinali asimmetriche nei depositi pliocenici. Con il Pliocene Superiore e il Pleistocene si ha il sollevamento della catena.

### **Caratteristiche geolitologiche dei terreni.**

I terreni affioranti nel territorio in esame, escludendo quelli più recenti (quaternari) di natura detritico-alluvionale, posti prevalentemente in corrispondenza degli alvei torrentizi, e quelli eluvio-colluviali, presenti diffusamente lungo i versanti collinari, risultano con buona probabilità appartenere nel complesso e per gran parte all' *Unità del Sannio*.

Secondo studi recenti (Patacca & Scandone, 2004), infatti, tale Unità (*Unità del Sannio*) risulterebbe costituita nella sua parte basale dai terreni del *Flysch Rosso* e delle *Argille Varicolori p.p.* (Cretaceo Inferiore – Burdigaliano) presenti estesamente in tutto il Sannio, terreni costituiti per lo più da argille rosse, grigie e verdi con intercalazioni di calcareniti, calcari marnosi, marne ed arenarie. In continuità di sedimentazione sul *Flysch Rosso* e le *Argille Varicolori* si ritroverebbe poi il *Flysch Numidico* (Burdigaliano Superiore) costituito prevalentemente da quarzareniti torbiditiche di colore giallo ocra e su cui poggierebbe la *Formazione di Serra Cortina* (Langhiano – Tortoniano Inferiore).

Sull'intera *Unità del Sannio* si ritroverebbe, infine, in discordanza angolare la *Formazione di S. Bartolomeo* costituita prevalentemente da arenarie litiche a grana grossa ed arcosi medio-fini con livelli conglomeratici.

Studi condotti da Selli in passato (1962 e 1964) individuavano nel territorio in esame la presenza di terreni appartenenti:

- alla *Formazione Molinara*, di età Miocene Inferiore – Medio, in cui è possibile distinguere la *Facies Molinara s.s.*, costituita da arenarie tenere o cementate, quarzose, giallastre o grigio-giallastre, con livelli conglomeratico-marnosi ed argilloso-siltosi;
- alla *Formazione S. Croce*, di età Miocene Inferiore, costituita da due *Facies* (*Facies S. Lupo e Frasso* costituita prevalentemente da brecce e brecciole calcaree, calcari bianchi subcristallini, con intercalazioni di calcareniti, di marne grigio-avana e di marne ed argille rosa e *Facies di Campolattaro* costituita argille, argilliti, marne e selci con intercalazioni di calcari marnosi, marne arenacee ed arenarie varicolori);
- alla *Formazione di Lame*, di età Oligocene, ed in particolare alla *Facies Lame s.s.* costituita prevalentemente da argille scagliose rosse, verdi e grigie con intercalazioni di marne argilloso-siltose varicolori.

Gli studi più recenti ascrivono i terreni della *Formazione di S. Croce*, unitamente a quelli della *Formazione di Lame*, alla parte basale dell' *Unità del Sannio* (*Flysch Rosso* e *Argille Varicolori*), attribuendogli un'età Cretacico Inferiore – Burdigaliano, mentre i terreni della *Formazione Molinara* vengono ricondotti in



parte alla porzione sommitale dell' *Unità del Sannio (Quarzareniti Numidiche e Formazione di Serra Cortina)* ed in parte ai depositi silicoclastici miocenici della *Formazione di San Bartolomeo*.

Scendendo ad un maggior dettaglio il sottosuolo della zona, su cui sono previsti tutti gli aerogeneratori in progetto, risulta caratterizzato (cfr. cartografia geologica in allegato) dalla presenza di arenarie tenere o cementate, quarzose, giallastre o grigio-giallastre, in grossi banchi, con livelli conglomeratico-marnosi ed argilloso-siltosi, terreni attribuiti dal Selli (1962 - 1964) alla *Formazione Molinara* ed in particolare alla *Facies Molinara s.s.*

Anche per quanto riguarda il sottosuolo dell'area su cui è prevista la stazione di trasformazione 30-150 KV, esso risulta caratterizzato, come per i siti degli aerogeneratori, dalla presenza dei terreni della *Formazione Molinara* ed in particolare della *Facies Molinara s.s.*

In tutte le aree, comunque, nei primi metri di profondità è possibile rinvenire con spessore variabile da zona a zona una *coltre "detritica" superficiale* derivante in parte da processi eluvio-colluviali ed in parte dall'alterazione in loco (*coltre di alterazione*) della sottostante formazione "rocciosa" geologica. Le caratteristiche granulometriche e litologiche di quest'ultima (*coltre di alterazione*) appaiono intimamente legate alla litologia del substrato "madre" ed alla tipologia di eventi "erosivi" a cui quest'ultimo è stato sottoposto nel tempo.

Per quanto riguarda il tracciato del cavidotto in progetto la sua porzione definibile come interna al parco attraversa aree caratterizzate, alla stregua dei siti degli aerogeneratori, da un sottosuolo dominato come substrato geologico dai terreni della *Formazione Molinara* ed in particolare della *Facies Molinara s.s.* La porzione esterna al parco attraversa lungo la sua estensione tutte le diverse formazioni presenti nel territorio in esame, dalla *Formazione Molinara* alla *Formazione Lama* (cfr. tavole 4, 5 e 6 della carta geologica presenti in allegato).

### **Idrogeologia.**

Dal punto di vista idrogeologico, non sono presenti sul territorio grosse idrostrutture carbonatiche e la circolazione idrica sotterranea nell'intera area risulta influenzata in gran parte solo dalla presenza e dai rapporti reciproci tra i termini carbonatici ed arenacei e quelli argillosi ed argilloso-marnosi delle diverse formazioni geologiche presenti (*Unità del Sannio, Successioni silicoclastiche mioceniche, ecc.*).

In tale contesto, infatti, i litotipi argillosi ed argilloso-marnosi fungono da "impermeabile relativo" per piccoli corpi idrici impostatisi in taluni orizzonti carbonatici e/o arenacei, spesso intraformazionali. Nel complesso, comunque, tale circolazione appare piuttosto limitata e può dar vita solo a piccole insorgenze con



portate spesso solo stagionali e talora poste a quote diverse per il loro carattere di falde sospese.

Dal punto di vista della permeabilità è possibile in generale distinguere nell'area due diversi complessi idrogeologici:

- un *complesso arenaceo-argilloso* costituito da arenarie quarzose e da livelli conglomeratico-marnosi ed argilloso-siltosi e caratterizzato da una permeabilità per porosità da trascurabile a bassa e per fratturazione nei termini arenacei da bassa a media. In tale complesso la possibilità che si instauri una circolazione idrica sotterranea risulta alquanto scarsa e comunque limitata ai soli intervalli arenacei.
- un *complesso argilloso-marnoso-calcareo* costituito da argille scagliose, marne argilloso-siltose, argilliti e calcari marnosi, con intercalazioni di calcareniti e calcari, e caratterizzato da una permeabilità per porosità trascurabile e per fratturazione nei termini calcarei e calcareo-marnosi piuttosto bassa. In tale complesso la possibilità che si instauri una circolazione idrica sotterranea risulta molto scarsa e comunque limitata ai soli intervalli calcarei.

### **Geomorfologia ed idrografia.**

L'intero territorio in esame, esteso tra i territori comunali di Castelpagano, di Colle Sannita, di Circello e di Morcone, appare caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con rilievi non molto elevati, non superando se non di rado gli 800 m, ma delimitati talora da strette incisioni, in cui trovano posto aste torrentizie più o meno ben sviluppate.

La natura in gran parte argillosa, argilloso-marnosa ed arenacea dei terreni affioranti, caratterizzati in genere da bassi valori di permeabilità, determina un elevato deflusso superficiale delle acque meteoriche durante gli eventi piovosi di media ed elevata intensità, per cui il territorio appare caratterizzato dalla presenza di uno sviluppato sistema di aste di drenaggio a carattere prevalentemente torrentizio.

I rilievi collinari appaiono caratterizzati in gran parte da versanti a media pendenza (10°-15°), anche se in taluni punti, là dove presenti per esempio in affioramento litologie (calcaree, calcareo-marnose e arenacee) meno erodibili o in prossimità dei fianchi delle incisioni torrentizie le pendenze possono essere più acclivi.

Le aste torrentizie (Torrente dei Torti, Fosso Marchimuccio, Vallone delle Coste, Fosso Pidocchioso, Fosso Calacarella, ecc.) presenti numerose sull'intero territorio appartengono al sottobacino idrografico del T. Tammarecchia, quest'ultimo da intendere come uno dei sottobacini appartenenti al grande bacino idrografico del Fiume Calore, affluente a sua volta del F. Volturno.



Nel particolare la zona, su cui è prevista la realizzazione dei 7 aerogeneratori in progetto, zona posta in corrispondenza delle località "Masseria Fattori" e "Masseria Richi", risulta caratterizzata ad una quota variabile dai 757 m s.l.m.m. dell'aerogeneratore CA02 agli 828 m s.l.m.m. dell'aerogeneratore CA06. Essa presenta una morfologia prettamente collinare con estese aree crinaliche a bassa acclività e con versanti ad esse sottesi caratterizzati in genere da pendenze medie nell'ordine dei 10°-15°, ma che in corrispondenza dei fianchi delle incisioni torrentizie o dell'affioramento di litologie più resistenti all'erosione possono superare anche i 20° (cfr. cartografia geomorfologica e clivometrica presente in allegato).

Dal punto di vista idrografico risulta evidente come le aste torrentizie presentano in genere un elevato grado di gerarchizzazione ed appaiono in approfondimento nei terreni del substrato geologico di base, formando nell'insieme un reticolo idrografico caratterizzato da un pattern tendente al tipo "dendritico". Tutti questi elementi idrografici sono spesso indizi della presenza su un territorio di terreni poco permeabili e di una morfologia poco acclive.

In virtù della natura litostratigrafica, per lo più argillosa, argilloso-marnosa ed arenaceo-argillosa, e delle caratteristiche di permeabilità, generalmente piuttosto bassa, dei terreni costituenti il suo sottosuolo il territorio risulta interessato in più tratti da numerosi fenomeni franosi, per lo più colamenti, lenti o rapidi, scivolamenti rotazionali/traslativi e frane complesse (cfr. cartografia IFFI in allegato).

In genere si tratta di corpi franosi piuttosto superficiali che coinvolgono solo i primi metri di sottosuolo costituiti da un primo orizzonte di depositi eluvio-colluviali o di alterazione in loco della sottostante formazione geologica e da un sottostante orizzonte identificabile con la porzione più superficiale, e per questo più alterata, della formazione geologica "rocciosa" di base. In ogni caso tutti gli aerogeneratori in progetto, insistendo su aree crinaliche o nei pressi di esse, sono previsti su siti non coinvolti attualmente da fenomeni franosi in atto.

Nell'ambito della cartografia allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ex *Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno*, ora *Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale*, in riferimento al Rischio di frana la zona coinvolta dal progetto degli aerogeneratori risulta variamente caratterizzata da aree a diverso grado di Rischio, andando da aree a rischio molto elevato R4 ad aree di attenzione e ad aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi c1 (cfr. cartografia PAI - Rischio di frana - presente in allegato). Per maggiori dettagli si rimanda ai paragrafi successivi.

In ogni caso tutti gli aerogeneratori sono previsti su siti privi di Rischio o al più compresi tra le aree "*di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M.LL.PP. 11/3/88 - c1*".



In relazione all'area ove è prevista da progetto la stazione di trasformazione 30-150 KV, posta nei pressi di località "Colle Moschillo", nel Comune di Morcone, essa, ricadente in corrispondenza di un'estesa area crinalica, ad una quota altimetrica di circa 728 m s.l.m.m., risulta caratterizzata da una morfologia poco acclive, con pendenze non superiori ai 4°-5°, e da mancanza di fenomeni franosi in atto (cfr. cartografia clivometrica, geomorfologica ed IFFI in allegato).

Nell'ambito della cartografia allegata al PAI in riferimento al Rischio di frana la zona coinvolta dal progetto della stazione di trasformazione 30-150 KV risulta ricadere solo tra le aree "*di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M.LL.PP. 11/3/88 - c1*".

In riferimento alle aree attraversate dal cavidotto di connessione tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione occorre tenere presente che esso, con uno sviluppo in lunghezza complessivo maggiore di 16 km e seguendo per gran parte tracciati stradali già esistenti, attraversa un vasto territorio e per questo aree a diverso grado di rischio da frana. In genere si tratta per gran parte di aree di *attenzione* od aree "*di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M.LL.PP. 11/3/88 - c1*".

Solo per taluni brevi tratti esso attraversa aree con un grado di rischio più severo per le quali saranno adottati tutte le cautele del caso mediante l'esecuzione di opportune indagini geognostiche per valutarne l'effettive condizioni attuali di stabilità. Per talune di esse potrà essere prevista l'utilizzazione della tecnica TOC (trivellazione orizzontale controllata) che permetterà di approfondire la posa del cavidotto bypassando in profondità l'area di criticità.

Infine, dal punto di vista idraulico l'intero territorio coinvolto dal progetto sulla base del già citato PAI non risulta interessato da aree a rischio idraulico.

Ovviamente la stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto andrà analizzata in maniera più approfondita in una fase successiva anche mediante la realizzazione di opportune indagini in situ.

### **Caratteristiche geotecniche dei terreni del sottosuolo.**

Per quanto riguarda l'individuazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo delle diverse aree coinvolte dal progetto, con una maggiore attenzione per le aree su cui sono previste le principali strutture in elevazione (aerogeneratori e stazione di trasformazione 30-150 KV), tali caratteristiche sono state qui desunte, in mancanza di indagini geognostiche svolte direttamente sui siti, da dati derivanti da lavori svolti nel tempo in aree ricadenti nello stesso territorio o ad esso assimilabili dal punto di vista geologico e



litostratigrafico, unitamente da dati presenti nella letteratura tecnico-scientifica riguardanti il territorio in questione.

Sulla base dell'analisi di tale mole di dati raccolti è stato possibile, seppur in via approssimativa e preliminare, ricostruire per l'intera zona coinvolta dalla realizzazione degli aerogeneratori con relative piazzole e strutture accessorie, nonché per le aree attraversate dal cavidotto interno al parco e dal tratto iniziale di quello esterno al parco, una stratigrafia geotecnica schematica così come di seguito riportata mediante tabella riassuntiva.

<b>Aree degli aerogeneratori in progetto</b>						
Litologia prevalente	Profondità (m) base strato	Peso unità di volume naturale $\gamma_n$ (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Angolo d' attrito $\phi$ (°)	Coesione <b>C</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edometrico <b>Ed</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Suolo vegetale – limi argillosi e sabbiosi pedogenizzati.	1.0-1.2	1.75-1.85	1.90-2.00	21-22	0.10-0.20	20-30
Depositi spesso caotici di sabbie, sabbie limose e sabbie argillose con pezzame prevalentemente arenaceo diffuso e lenti e livelli argilloso-limosi (depositi in parte eluvio-colluviali ed in parte di alterazione in loco della sottostante "formazione geologica").	4.0-5.0	1.80-1.90	1.95-2.10	25-28	0.05-0.50	40-60
Arenarie quarzose e molasse con intercalazioni siltoso-argillose ed argillose ( <i>Facies Molinara ss – Formazione Molinara</i> )	30.0-40.0	2.20-2.40	//	35-40	0.30-0.60	200-400

Per l'area ove è prevista la realizzazione della stazione di trasformazione 30-150 KV è possibile ipotizzare, sempre in via approssimativa e preliminare, la seguente stratigrafia geotecnica:



<b>Area della stazione di trasformazione in progetto</b>						
Litologia prevalente	Profondità (m) base strato	Peso unità di volume naturale $\gamma_n$ (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Angolo d' attrito $\phi$ (°)	Coesione <b>C</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edometrico <b>Ed</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Suolo vegetale – limi argillosi e sabbiosi pedogenizzati.	1.0-1.2	1.75-1.85	1.90-2.00	21-22	0.10-0.20	20-30
Depositi spesso caotici di sabbie, sabbie limose e sabbie argillose con pezzame prevalentemente arenaceo diffuso e lenti e livelli argilloso-limosi (depositi in parte eluvio-colluviali ed in parte di alterazione in loco della sottostante “formazione geologica”).	4.0-5.0	1.80-1.90	1.95-2.10	25-28	0.05-0.50	40-60
Arenarie quarzose e molasse con intercalazioni siltoso-argillose ed argillose ( <i>Facies Molinara ss – Formazione Molinara</i> )	7.0-10.0	2.20-2.40	//	35-40	0.30-0.60	200-400
Argille, argilliti, marne e selci con intercalazioni di calcari marnosi, marne arenacee ed arenarie ( <i>Facies Campolattaro – Formazione S. Croce</i> ).	30.0-40.0	2.20-2.50	//	30-40	0.50-0.70	300-400

Le suddette stratigrafie geotecniche sono comunque riferibili ad una “verticale tipo” che in termini geotecnici può essere la più “scadente” riscontrabile nelle diverse aree.

Ovviamente un quadro senza dubbio più esatto delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del sottosuolo delle diverse aree di sedime degli aerogeneratori in progetto, nonché di quelle coinvolte dalle relative strutture accessorie (piazzole, ecc.), da quelle di connessione (cavidotto MT) e dalla stazione



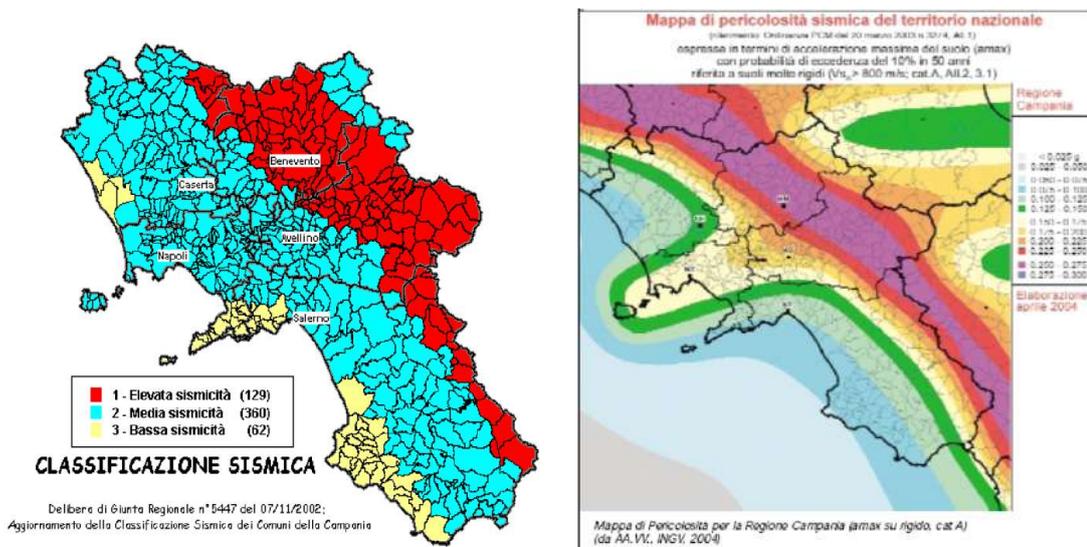
di trasformazione 30-150 KV, sarà possibile realizzarlo solo dopo l'esecuzione di opportune indagini geognostiche in situ e di laboratorio geotecnico.

**Sismicità dell'area in esame.**

Come già detto in precedenza l'area, su cui è previsto il campo eolico in progetto, risulta posta nel territorio comunale di Castelpagano, nella Provincia di Benevento e, quindi, nella Regione Campania, interessando nel contempo anche (rete di cavidotti e stazione di trasformazione 30-150 KV) i vicini comuni di Circello e Morcone, e per un piccolo tratto di cavidotto quello di Colle Sannita.

In particolare le principali strutture in elevazione previste risultano ricadere per gran parte nel Comune di Castelpagano, per quanto attiene gli aerogeneratori, e per una parte, stazione di trasformazione 30-150 KV, nel Comune di Morcone.

Sulla base della D.G.R. n° 5447 del 2002 il territorio comunale di Castelpagano, così come quello di Morcone, risulta classificato dal punto di vista sismico come Zona 1.



Carta dei diversi gradi di sismicità in Campania Mappa di Pericolosità per la Regione Campania

Inoltre, nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 2003 gli stessi territori comunali di Castelpagano e di Morcone risultano collocati dal punto di vista sismico nella Zona 1 sulla base dei valori di accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedasi tabella sottostante).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

da Allegato 1 all' Ordinanza 3274/03 - "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche"

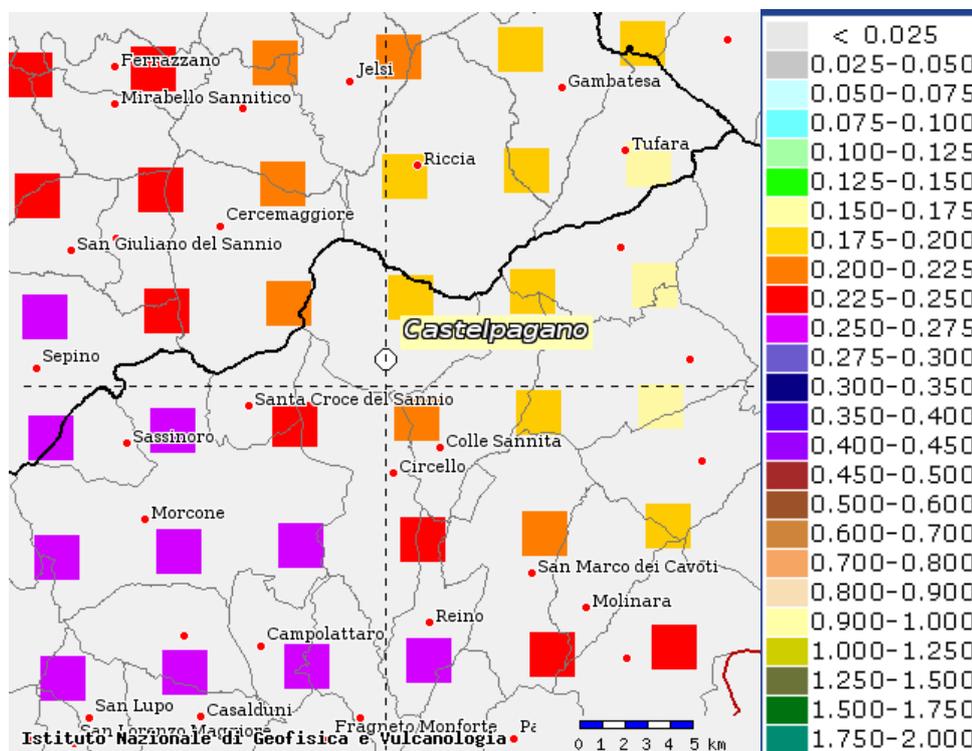


Sulla base di tali classificazioni macrosismiche il valore di accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, da assegnare ai due territori comunali è di 0.35 g.

Per una stima più puntuale di  $a_g$  nell'ambito dei territori di Castelpagano e di Morcone è possibile ricorrere agli elaborati grafici prodotti nell'ambito del Progetto DCP-INVIG S1 relativo alle valutazioni di  $a_g$  (16mo, 50mo e 84mo percentile) con le seguenti probabilità di superamento in 50 anni: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5%, 2%, rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 140, 200, 975 e 2475 anni.

I valori di pericolosità sismica riportati dalle seguenti carte sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_g$  = frazione della accelerazione di gravità), riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s ovvero cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005), con probabilità di eccedenza in 50 anni pari a: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2%.

Viene riportata qui di seguito, in riferimento ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 50mo percentile, la carta relativa all'intera zona di interesse, in cui ricade il territorio comunale di Castelpagano, unitamente a quello di Morcone.



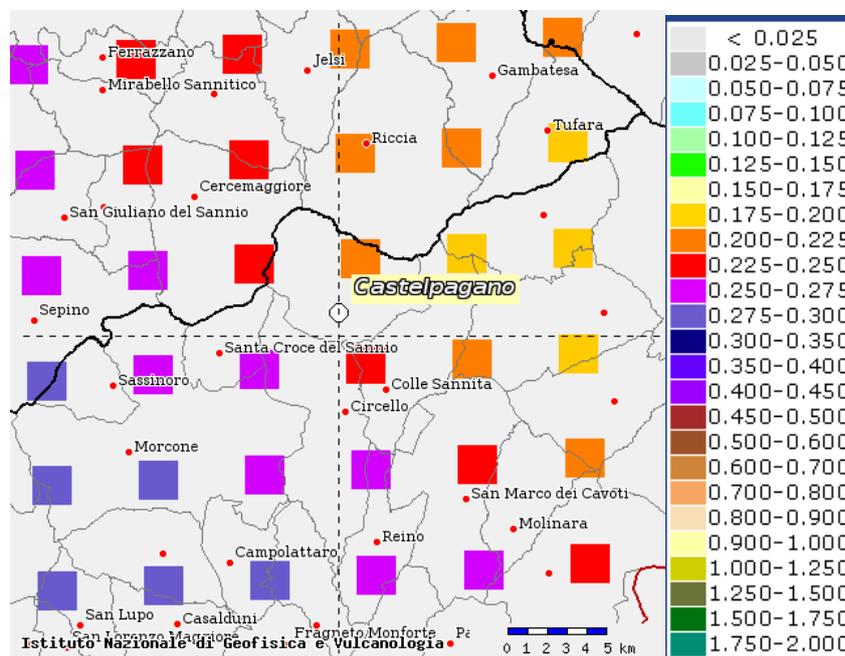
Valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 50mo percentile



In tale carta per primo si nota come i valori di  $a_g$ , partendo dai Comuni posti a NE del territorio di Castelpagano, ove essi sono nell'ordine di 0.175-0.200 g, tendano a crescere progressivamente verso SW, ove assumono valori di 0.250-0.275g.

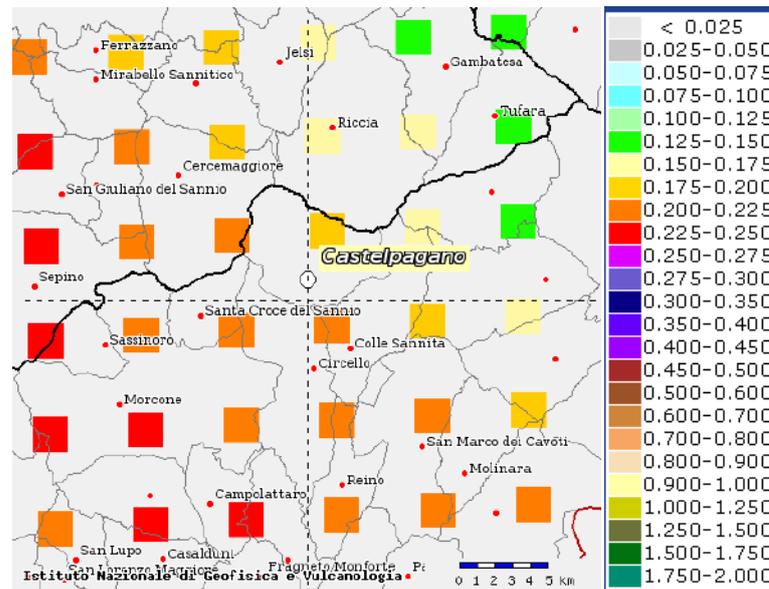
In particolare per il territorio in esame, coinvolto dal progetto del parco eolico, è possibile prevedere un valore di  $a_g$  compreso tra 0.175-0.275 g.

Di seguito vengono riportate per lo stesso territorio in questione altre carte relative a diverse valutazioni di  $a_g$  (16mo, 50mo e 84mo percentile) con varie probabilità di superamento in 50 anni: 10%, 5%, 2%.



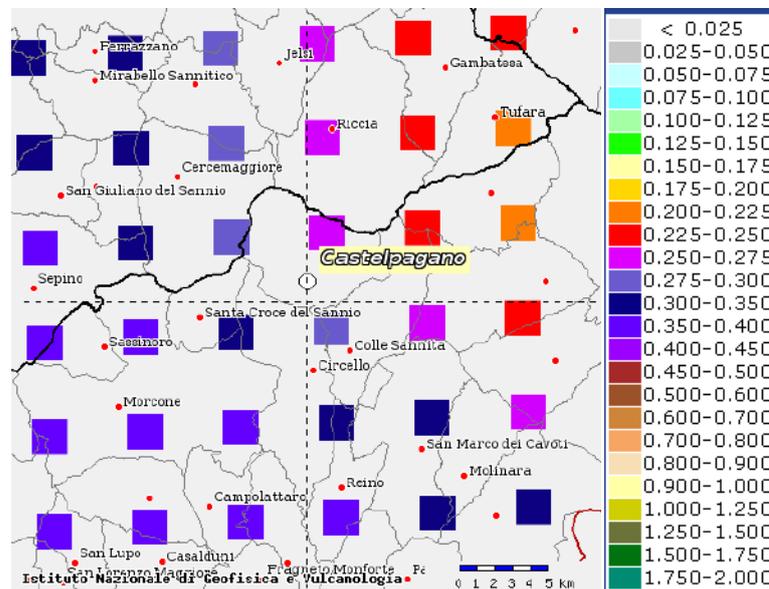
Valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 84mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di  $a_g$  compreso tra 0.200-0.300 g



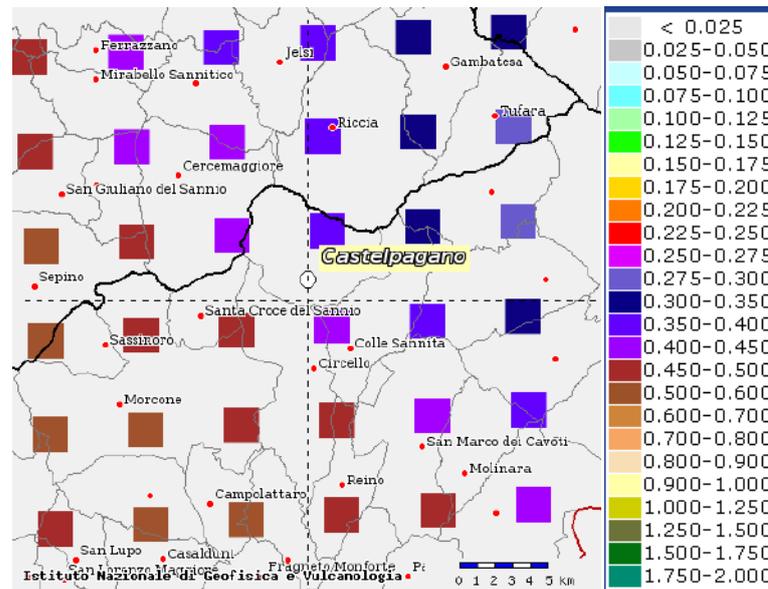
Valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e 16mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di  $a_g$  compreso tra 0.175-0.250 g



Valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 5% in 50 anni e 50mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di  $a_g$  compreso tra 0.250-0.400 g



Valori di  $a_g$  con probabilità di superamento del 2% in 50 anni e 50mo percentile

In tal caso per l'area in esame è previsto un valore di  $a_g$  compreso tra 0.350-0.600 g.

Per valutare la bontà della corrispondenza della distribuzione statistica dei valori di  $a_g$  stimati nell'ambito del *Progetto DCP-INVG S1* per ciascuna area coinvolta dal progetto in esame con quelli reali di sito è necessario ricorrere alla procedura di analisi contenuta nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni 2018* (D.M. del 17-01-2018).

In tali Norme Tecniche si afferma come *ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi.*

*In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (cfr. tabella sottostante), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .*



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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 3.2.II da NTC 2018

*I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.*

*La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:*

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- *hi* spessore dell'*i*-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- *N* numero di strati;
- *H* profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da *VS* non inferiore a 800 m/s.

*Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.*



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.

Nel nostro caso, le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo di ciascuna area coinvolta dal progetto in esame e la mancanza in esso, almeno sulla base del grado di conoscenza fin qui raggiunto attraverso lo studio bibliografico svolto per il presente studio, di un substrato rigido (con  $V_s$  maggiore o uguale a 800 m/s), nonché di fenomeni di inversione di velocità, nei primi 30/35 m di profondità dal piano campagna locale consentono di fare riferimento in via preliminare ad un *approccio semplificato*, attribuendo genericamente al sottosuolo di ciascun sito una delle categorie di Tabella 3.2.II (Categorie di sottosuolo) ed utilizzando il parametro  $V_{S,30}$ .

Sulla base dell'analisi condotta durante lo studio bibliografico svolto in fase di preparazione alla stesura della presente relazione, dei risultati di varie indagini sismiche (MASW, Down-Hole, ecc.) realizzate in passato su zone appartenenti allo stesso "territorio geologico" di quello qui in esame e di dati sismici presenti nella letteratura scientifica, è possibile attribuire in via preliminare e genericamente al sottosuolo delle diverse aree in esame una *Categoria di sottosuolo C* (tabella 3.2.II – NTC2018). Non si esclude comunque la possibilità di avere per taluni siti destinati agli aerogeneratori una categoria di sottosuolo **B** (tabella 3.2.II – NTC2018).

Ovviamente un quadro senza dubbio più esatto e preciso delle caratteristiche sismiche del sottosuolo delle aree di sedime degli aerogeneratori in progetto, nonché di quelle coinvolte dalle strutture accessorie (piazzole, ecc.) e dalla stazione di trasformazione, sarà possibile realizzarlo solo dopo l'esecuzione di opportune indagini sismiche in situ.

Inoltre, tenendo conto delle caratteristiche morfologiche delle diverse aree coinvolte dal progetto in esame è possibile attribuire genericamente a tutti i siti su cui sono previste opere in elevazione (siti degli aerogeneratori e sito della stazione di trasformazione) una *Categoria topografica T1* (tabella 3.2.III – NTC2018).

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 $i > 30^\circ$

Quindi, solo mediante l'analisi dei dati ricavati da puntuali indagini geognostiche e sismiche in situ, che necessariamente dovranno dunque essere eseguite su ciascuna area coinvolta dal progetto in esame, sarà possibile attribuire

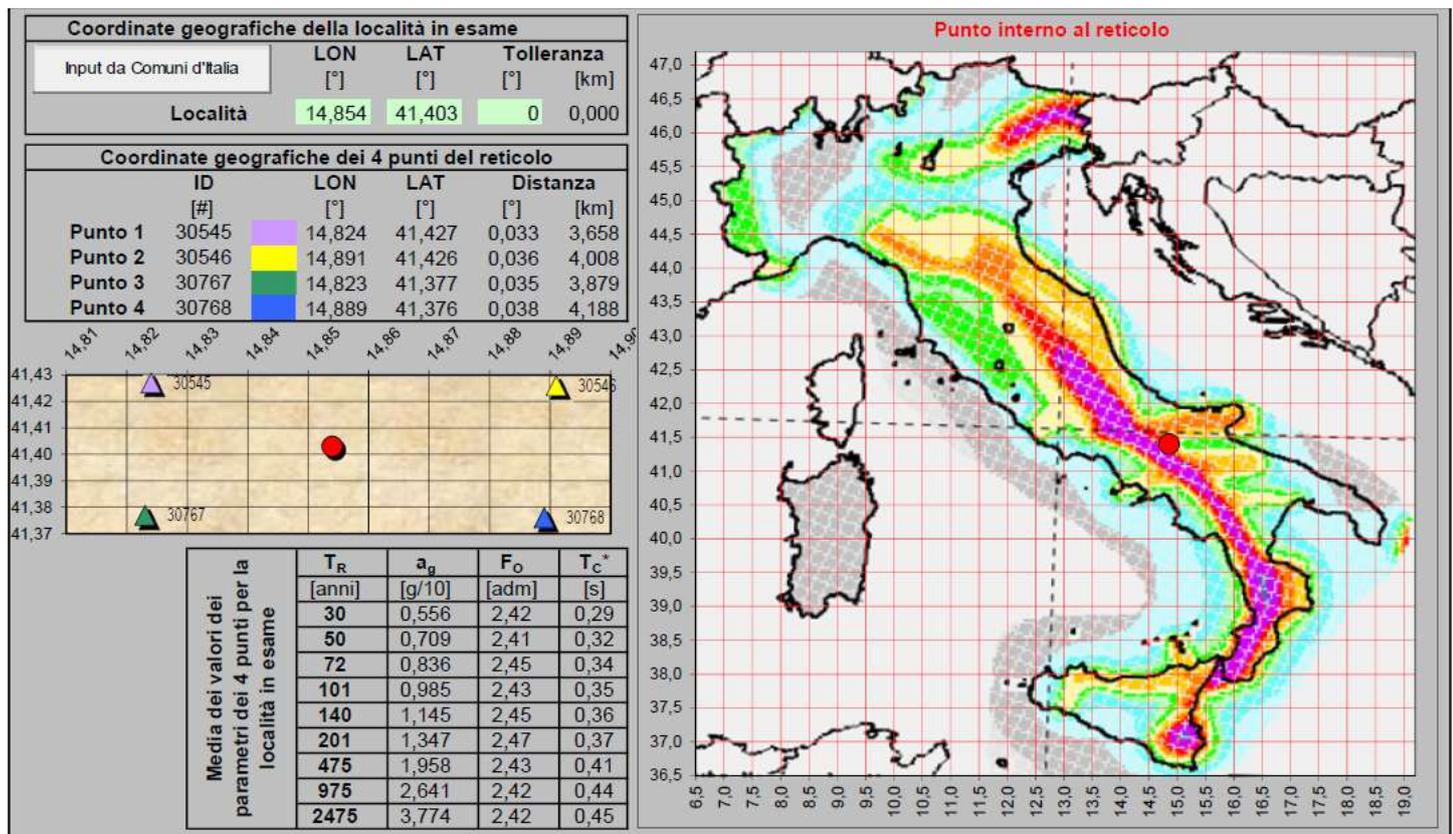


in maniera precisa al sottosuolo di ogni sito una delle *Categorie di sottosuolo* riportate nella tabella precedente (tabella 3.2.II – NTC2008).

In tale fase, volendo realizzare però in via approssimativa una prima valutazione di  $a_g$  in termini di valore di sito e confrontarla con i valori stimati dal Progetto DCP-INVG S1 e dalle classificazioni nazionali e regionali, è possibile attribuire genericamente, come già visto in precedenza, al sottosuolo della zona in esame una *Categoria di sottosuolo C*.

Secondo i dettami delle NTC2018 è necessario, per procedere nel calcolo della risposta di sito, collocare il punto dell'area di interesse all'interno di un *reticolo di riferimento* dopo aver preventivamente stabilito le sue coordinate (longitudine e latitudine). Mediante l'ausilio di un software dedicato si ottengono i seguenti risultati per un punto dell'area di coordinate 14,854° di longitudine E e 41,403° di latitudine N (un punto generico della zona degli aerogeneratori CA03, CA04, CA05 e CA06):

**Fase 1**







§ 3.2.1				Valori interpolati			Valori ricavati da $a_g$ , $F_o$ , e $T_{c^*}$								
		$P_{VR}$	$T_R$				$S_s$	$C_c$	$S$	$T_B$	$T_c$	$T_D$	$F_V$		
		[adm]	[anni]	$a_g$	$F_o$	$T_{c^*}$	[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]		
		[g/10]	[adm]	[s]											
SLU	SLO	81%	60	→	0,770	2,43	0,33	→	1,50	1,52	1,50	0,17	0,50	1,91	0,91
	SLD	63%	101	→	0,985	2,43	0,35	→	1,50	1,48	1,50	0,17	0,52	1,99	1,03
SLE	SLV	10%	949	→	2,612	2,42	0,44	→	1,32	1,38	1,32	0,20	0,60	2,64	1,67
	SLC	5%	1950	→	3,444	2,42	0,45	→	1,20	1,37	1,20	0,20	0,61	2,98	1,92

ove:

- ✓ PVR è la probabilità di superamento nella vita di riferimento VR;
- ✓ TR è il periodo di ritorno dell'azione sismica;
- ✓  $a_g$  è l'accelerazione al suolo espressa come frazione di g (accelerazione di gravità);
- ✓  $F_o$  è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓  $T_{c^*}$  è il periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ SLO è stato limite di operatività;
- ✓ SLD è lo stato limite di danno;
- ✓ SLV è stato limite di salvaguardia della vita;
- ✓ SLC è lo stato limite di prevenzione del collasso.

### Interazione tra la stabilità dell'area ed eventi sismici.

Come già detto nei paragrafi precedenti il territorio, su cui è previsto il campo eolico in progetto, risulta caratterizzato nel suo complesso da una morfologia prettamente collinare con rilievi non molto elevati, non superando se non di rado gli 800 m, ma delimitati da strette incisioni, in cui trovano posto aste torrentizie più o meno ben sviluppate.

Dal punto di vista geolitologico nel territorio in questione sono presenti per gran parte, al di sotto di una prima coltre detritica e di alterazione superficiale quaternaria, terreni prevalentemente argillosi, argilloso-marnoso e "flyschoidi" di età miocenica.

Per quanto attiene la stabilità nell'ambito del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI dell'ex Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno*, ora *Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale*, gli aerogeneratori sono stati previsti in zone in parte ove il rischio di frana è nullo ed in parte ove il rischio appare relativamente basso ( $C_1$ ).



Ovviamente, come già detto in precedenza, la stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto, ivi comprese le aree interessate dal passaggio dei caviddotti, andrà analizzata in maniera più approfondita in una fase successiva anche mediante la realizzazione di opportune e puntuali indagini in situ e di laboratorio geotecnico.

Inoltre, nell'ambito della cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) relativa alla Regione Campania sono segnalati nell'intero territorio vari fenomeni franosi in atto o quiescenti, pur non interessando quest'ultimi direttamente le aree di sedime degli aerogeneratori in progetto.

Si tratta talora di colamenti da lenti a rapidi, talora di frane complesse, talora di scivolamenti rotazionali/traslativi, trattandosi comunque spesso di aree interessate da frane diffuse superficiali.

Tra gli effetti che un sisma può determinare sulla superficie morfologica di una data area assume un'importanza notevole quello relativo alla possibile riattivazione di movimenti franosi preesistenti, o un'accelerazione quando già attivi, o alla possibile neoattivazione di movimenti franosi lungo versanti stabili. La probabilità che un'area possa essere interessata da tali fenomenologie dipende da vari fattori:

- Magnitudo del sisma
- Profondità ipocentrale
- Composizione di frequenza del sisma
- Durata dello scuotimento
- Condizioni topografiche e morfologiche
- Condizioni lito-stratigrafiche
- Condizioni geologico-strutturali

Tali fenomenologie si possono verificare sia in concomitanza dell'evento sismico sia con un certo ritardo. Le frane di neoformazione (frane sismoindotte) non differiscono sia dal punto di vista morfologico sia dal punto di vista dei processi interni da quelle che si generano in condizioni non sismiche.

Normalmente un terremoto tende ad alterare la stabilità di un pendio, determinando sia un aumento delle forze di taglio agenti su quest'ultimo, sia una riduzione della resistenza al taglio del materiale, di cui è costituito lo stesso. Ovviamente il movimento franoso si innesca quando l'accelerazione impressa al pendio dal sisma supera un valore critico  $a_c$  (accelerazione critica = minima accelerazione che induce il movimento).

In tale contesto assume importanza notevole la sequenza dei valori che l'accelerazione impressa assume nel tempo, che determina nel terreno uno



spostamento massimo permanente indotto. La frana si innesca quando il valore di quest'ultimo supera lo spostamento massimo ammissibile per quel pendio.

Tra gli elementi che possono condizionare sensibilmente il comportamento di un pendio durante il sisma si evidenziano:

- *caratteri strutturali* (stratigrafia e discontinuità)
- *stato tensionale naturale* del deposito
- *caratteristiche del terremoto* agente (ampiezza, frequenza, durata, forma e regolarità delle vibrazioni, numero delle componenti simultanee del sisma, direzione delle onde incidenti)
- *configurazione geometrica pendio*
- *condizioni idrauliche* dei terreni
- *proprietà fisiche e meccaniche* dei terreni (granulometria, densità relativa, grado di saturazione, permeabilità, gradi di sovraconsolidazione, resistenza statica e dinamica di picco e residua, coefficiente di smorzamento, proprietà elastiche del bedrock)

Sulla base delle conoscenze sino ad ora ottenute da chi scrive da uno studio solo preliminare del territorio in esame è possibile affermare come i fenomeni franosi presenti siano da considerare per gran parte prevalentemente superficiali, coinvolgendo solo i terreni posti a profondità non superiori ai 4-5 m dal piano campagna locale. Tali affermazioni potranno essere confermate o meno solo in seguito alla realizzazione di una estesa e adeguata campagna di indagini geognostiche.

Con i dati reali ottenuti da essa (stratigrafie, dati geotecnici da prove in situ e di laboratorio, dati sismici da prospezioni) si potranno eseguire varie sezioni geologiche e geologico-tecniche lungo i vari versanti coinvolti, verificandone la stabilità di ciascuna anche, o soprattutto, in condizioni di sollecitazioni sismiche (calcolo della risposta locale).

## Fenomeni di liquefazione

Si definisce liquefazione il quasi totale annullamento in un dato terreno della resistenza al taglio con l'assunzione da parte di questo del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. In generale i fenomeni di liquefazione durante eventi sismici si generano prevalentemente in terreni incoerenti (sciolti), a granulometria omogenea, e quanto più possibile sabbiosa fine, posti in falda e nella prima decina di metri di profondità.



Infatti, il grado di probabilità che si possano generare in sabbie fini sature fenomeni di liquefazione dipende soprattutto da:

- le caratteristiche geotecniche dei terreni
- le caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata
- la genesi e la storia geologica dei terreni
- fattori ambientali

In assenza di sollecitazioni sismiche un dato terreno incoerente posto ad una certa profondità dal piano campagna locale, in falda e nel sottosuolo di un'area pianeggiante risulta sottoposto solo alla pressione litostatica dovuta al peso dei terreni sovrastanti.

Durante un evento tellurico la sollecitazione sismica induce in un terreno con le suddette caratteristiche delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Per tutta la durata dell'evento sismico ogni elemento del terreno in questione risulta soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano di continuo verso ed ampiezza. Si ha liquefazione se la scossa produce un numero di cicli tale che la pressione interstiziale uguaglia la pressione di confinamento.

Nel sottosuolo con l'aumentare della profondità tale pressione di confinamento cresce, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. Ne consegue che la resistenza alla liquefazione si incrementa con la profondità. Inoltre, maggiore è la durata di un sisma, quindi maggior numero di cicli, più elevata è la probabilità di liquefazione, così come maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per raggiungere tale condizione.

Il sottosuolo di una data area può, inoltre, essere soggetto, già di per sé e prima ancora che intervenga un sisma, a sforzi di taglio statici legati alla presenza di sovraccarichi applicati sulla superficie (costruzioni di vario genere) o alla sua particolare collocazione nell'ambito della morfologia locale (ai piedi o lungo un versante, ecc.). In tal caso la probabilità che si verifichi la liquefazione risulta legato, oltre alle caratteristiche del terremoto, anche all'interazione tra le tensioni di taglio indotte dal sisma e quelle statiche preesistenti.

Il verificarsi della liquefazione in un dato terreno dipende, anche, dalle sue condizioni di addensamento, dalle sue caratteristiche granulometriche, dalle condizioni di drenaggio, dalla sua storia geologica e dalla storia delle sollecitazioni sismiche. Infatti, in un dato terreno, a parità di altre condizioni, ad un basso grado



di addensamento corrisponde una elevata probabilità che si possa verificare un fenomeno di liquefazione.

Inoltre, la distribuzione, la forma ed il grado di uniformità delle particelle rappresentano importanti fattori di influenza nella liquefazione, per il fatto che essi giocano un ruolo significativo nella resistenza al taglio e nella dissipazione della pressione interstiziale in eccesso.

Infine, appare importante notare come un terreno sottoposto precedentemente a modeste deformazioni da parte di sollecitazioni sismiche presenti una maggiore resistenza alla liquefazione, mentre uno uguale caratterizzato durante la sua storia da elevati livelli di deformazione (terreno già soggetto in passato a liquefazione) presenti un elevato potenziale di riliquefazione.

Inoltre, a parità di tutto un terreno sabbioso di età recente presenta un più alto potenziale di liquefazione rispetto ad uno geologicamente più antico.

Alla luce di quanto sino ad ora detto, tenendo presente che i primi metri di profondità del sottosuolo dell'area in esame risultano caratterizzati, andando dall'alto verso il basso, da orizzonti pedogenizzati (suoli) a composizione prevalentemente limoso-argilloso, talora sabbioso-argilloso e ghiaioso-limoso, e da orizzonti prodotti dall'alterazione del substrato "integro" di base, in prevalenza argilloso-marnoso-"flyschoide", e solo in parte calcareo-marnoso, ed in mancanza di una vera e propria falda superficiale, si esclude allo stato attuale delle conoscenze di chi scrive la presenza nel territorio coinvolto dal progetto di condizioni favorevoli alla liquefazione.

Infatti, i terreni posti nei primi metri di profondità nel sottosuolo di detto territorio presentano elevata frazione limoso-argillosa, quindi in gran parte da ritenere coesivi, e non sono in falda.



## Conclusioni

L'intero territorio in esame appare caratterizzato da una morfologia prevalentemente collinare con rilievi non molto elevati ma delimitati da strette incisioni, in cui trovano posto aste torrentizie (appartenenti al sottobacino idrografico del T. Tammarecchia) più o meno ben sviluppate. I rilievi collinari presenti appaiono caratterizzati in gran parte da versanti a media pendenza ( $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ), anche se in taluni punti, là dove presenti per esempio in affioramento litologie (calcaree, calcareo-marnose e arenacee) meno erodibili o in prossimità delle incisioni torrentizie, le pendenze possono essere più acclivi.

Per quanto attiene alla stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto in esame, sulla base della cartografia allegata al *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* dell'ex *Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno*, relativa al Rischio di frana, gli aerogeneratori, così come la stazione di trasformazione 30-150 KV, sono stati previsti in zone in parte ove il rischio è nullo ed in parte ove il rischio appare relativamente basso ( $C_1$ ).

Si ribadisce che la stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto sarà analizzata in maniera più approfondita in una fase successiva anche mediante la realizzazione di opportune indagini in situ e di laboratorio geotecnico.

Per quanto attiene i litotipi affioranti nelle diverse aree coinvolte, o comunque presenti nel sottosuolo dei diversi siti al di sotto di un primo orizzonte pedogenizzato e degradato, nelle aree, su cui sono previsti tutti gli aerogeneratori in progetto e la stazione di trasformazione, risultano presenti arenarie tenere o cementate, giallastre, in grossi banchi, con livelli conglomeratico-marnosi ed argilloso-siltosi appartenenti alla *Formazione Molinara*, ed in particolare alla *Facies Molinara ss.*

Quindi, la stratigrafia del sottosuolo dell'intero territorio coinvolto è caratterizzata per buona parte dalla presenza come substrato di formazioni geologiche litoidi, seppur di natura in parte argillosa ed argilloso-marnosa.

Dal punto di vista della permeabilità il territorio in esame risulta caratterizzato dalla presenza di due distinti complessi idrogeologici: un *complesso arenaceo-argilloso* ed un *complesso argilloso-marnoso-calcareo* (vedasi paragrafo "Idrogeologia").

Per quanto attiene la falda, non sono presenti sul territorio grosse idrostrutture carbonatiche e la circolazione idrica sotterranea nell'intera area risulta influenzata in gran parte solo dalla presenza e dai rapporti reciproci tra i termini carbonatici ed arenacei e quelli argillosi ed argilloso-marnosi delle diverse formazioni geologiche presenti. Nel complesso, dunque, tale circolazione appare



piuttosto limitata e può dar vita solo a piccole insorgenze con portate spesso solo stagionali e talora poste a quote diverse per il loro carattere di falde sospese.

Al sottosuolo dell'intero territorio in esame, sulla base dei dati attualmente in possesso di chi scrive, dati tratti in parte dalla bibliografia scientifica e in parte da propri lavori svolti in aree limitrofe o comunque appartenenti allo stesso territorio geologico, è possibile in via approssimativa assegnare una *Categoria di sottosuolo C* (tabella 3.2.II - NTC2018).

In ultima analisi si ribadisce che, non esistendo particolari problemi geologici e/o geomorfologici che siano di impedimento alla realizzazione sul territorio esaminato dell'intera opera in progetto (parco eolico) e considerando sia le caratteristiche progettuali sia le precauzioni che si adotteranno in fase esecutiva, l'intervento stesso risulta pienamente compatibile dal punto di vista geologico ed idrogeologico.

Anche in prospettiva sismica l'intervento in oggetto risulta compatibile con la stabilità globale dell'area.

Pagani: *Aprile 2021*



-----  
*Dott. Geol. Alfonso Pappalardo*



COMMITTENTE:	Spett.le "COGEIN ENERGY S.R.L."
LOCALITÀ:	Castelpagano (BN).

## APPENDICE

### ALLEGATI

- ◇ *Stralcio Carta Topografica d'Italia I.G.M. scala 1: 25.000 - unione Tavole Il SE (Colle Sannita) e Il SO (Circello) del F°162 Campobasso -;*
- ◇ *Stralcio Aerofotogrammetria CTR (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta Geologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta Geolitologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta Idrogeologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta Clivometrica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta Geomorfologica (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta IFFI (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Carta del Rischio di frana PAI (Tavv. 1-2-3-6 a scala 1: 5.000 e Tavv. 4-5 a scala 1: 10.000);*
- ◇ *Sezioni Topografiche e Geologiche (siti aerogeneratori e stazione di trasformazione).*



**Stralcio Aerofotogrammetria CTR a scala 1:10.000 (TAV.4)**



**Stralcio Aerofotogrammetria CTR a scala 1:10.000 (TAV.5)**

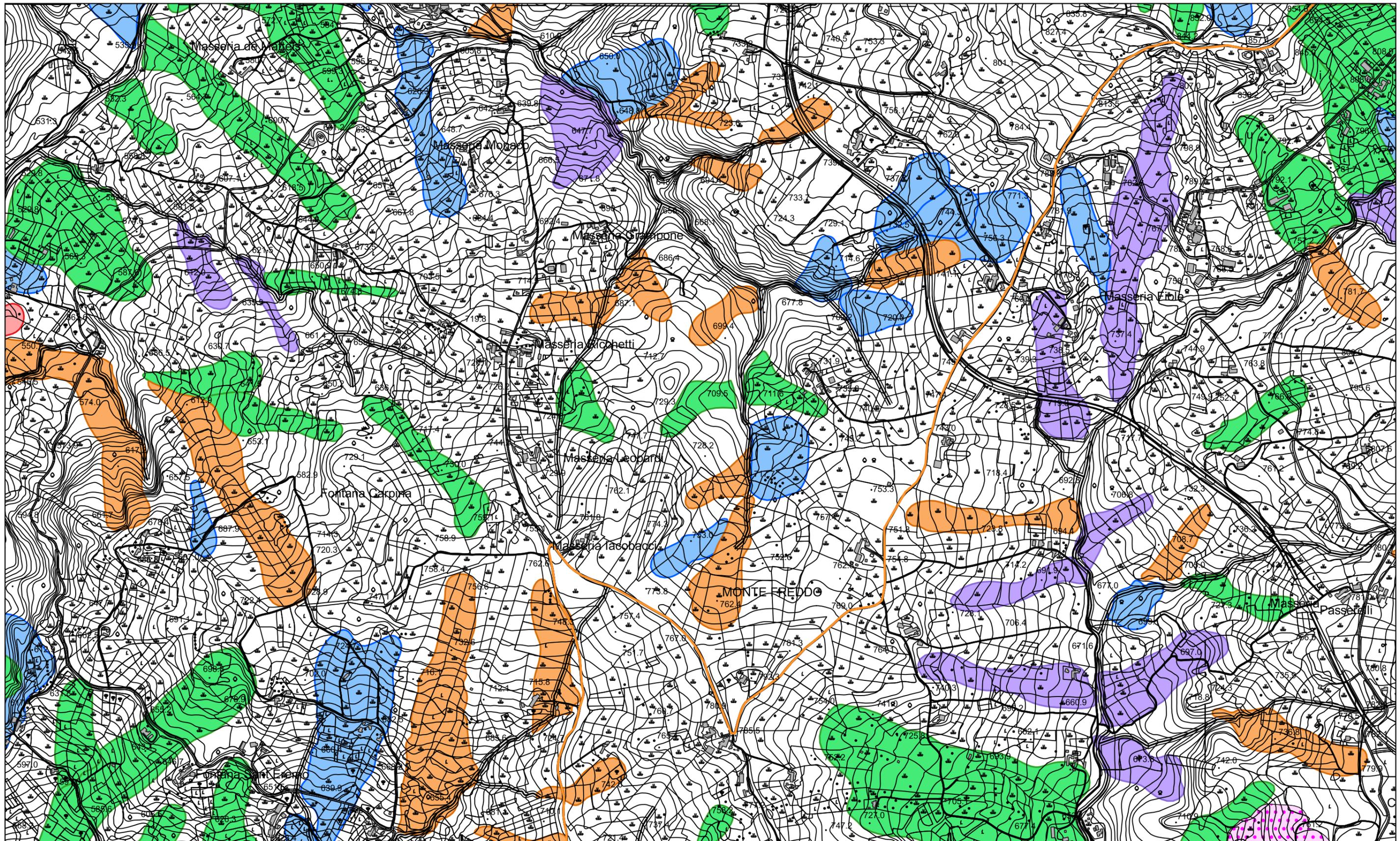




**Stralcio Aerofotogrammetria CTR a scala 1:5.000 (TAV.2)**

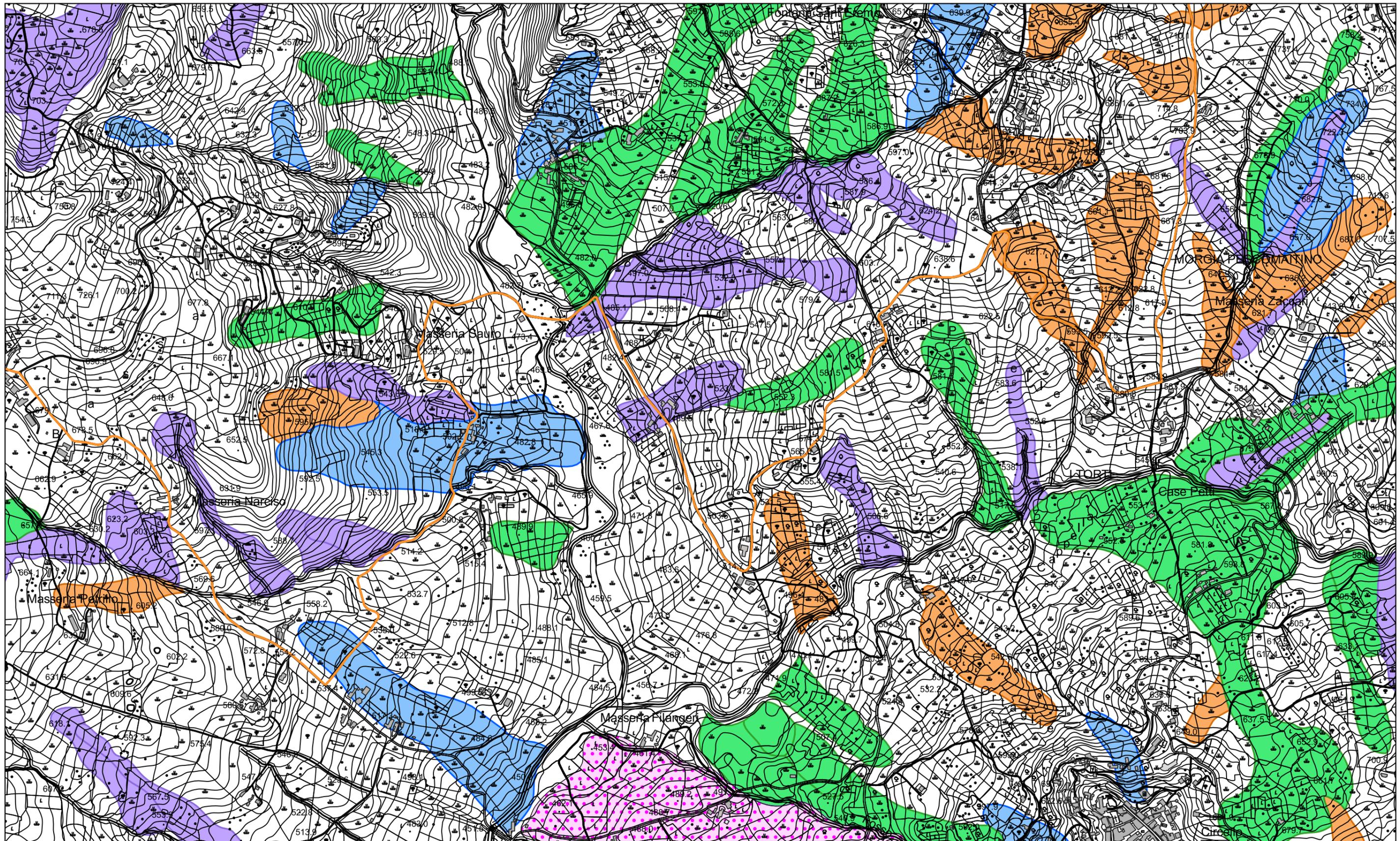


**Stralcio Aerofotogrammetria CTR a scala 1:5.000 (TAV.3)**



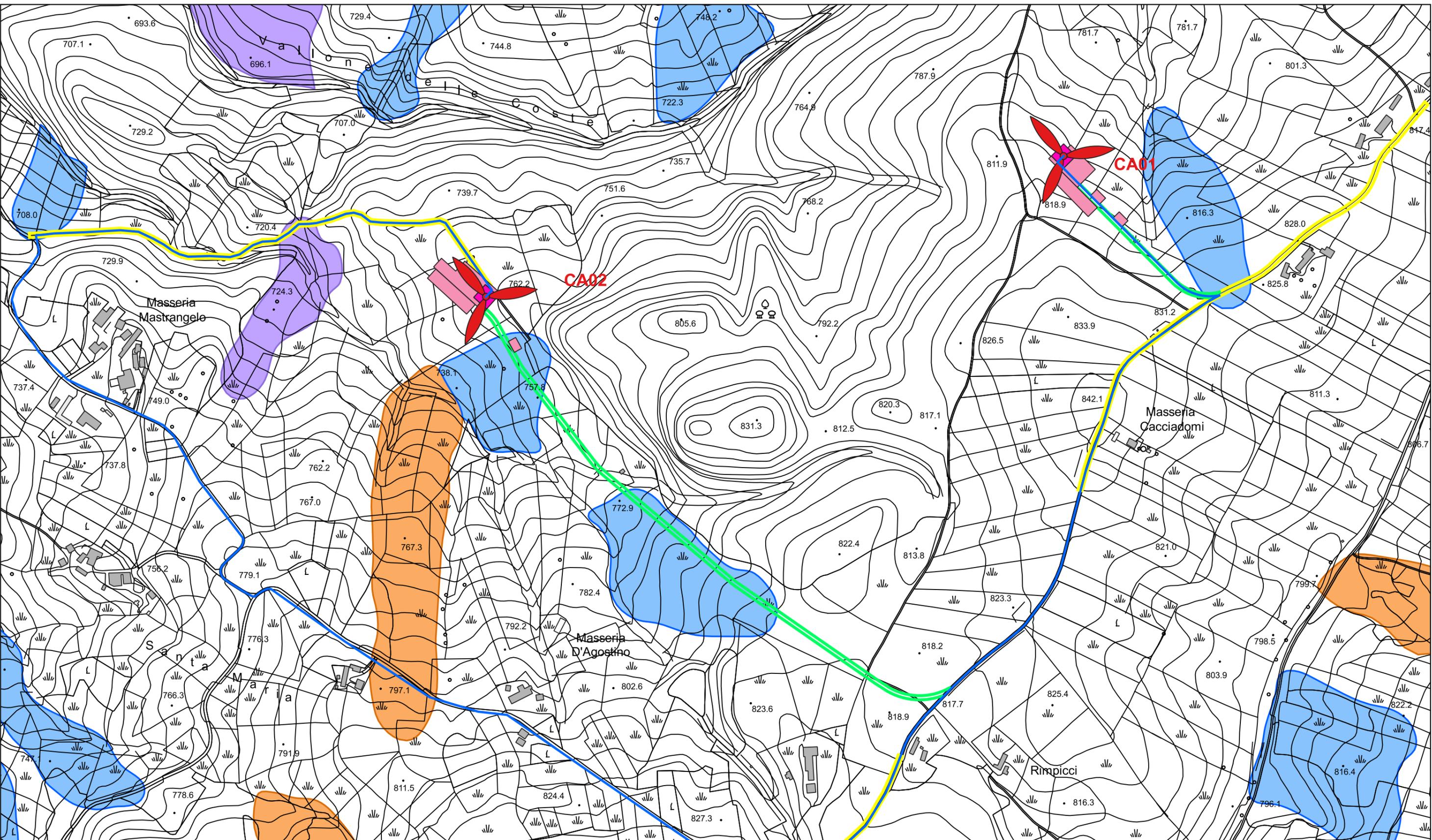
Carta IFFI\* a scala 1:10.000 (TAV.4)

\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT



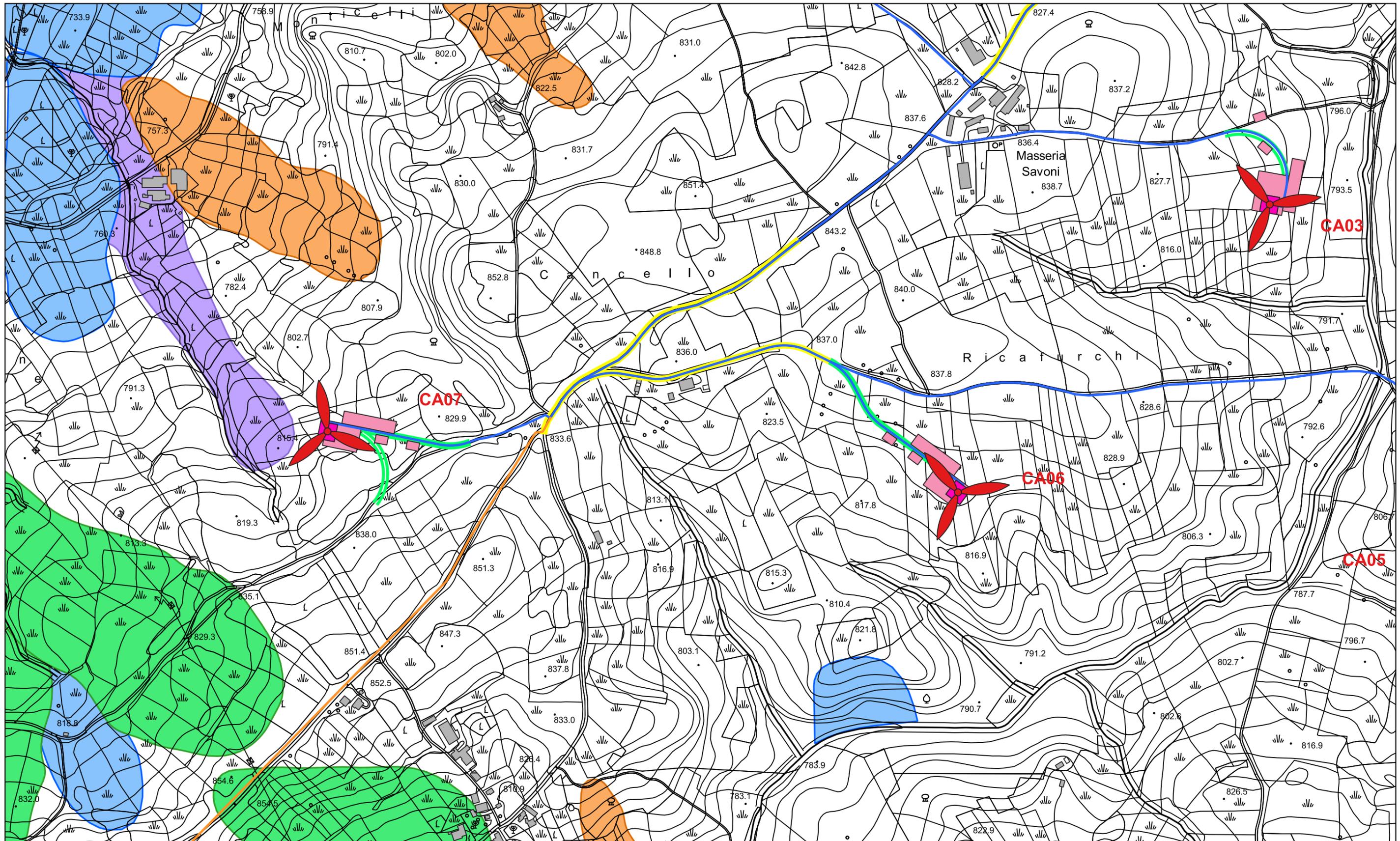
**Carta IFFI\* a scala 1:10.000 (TAV.5)**

\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT



Carta IFFI\* a scala 1:5.000 (TAV.1)

\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT



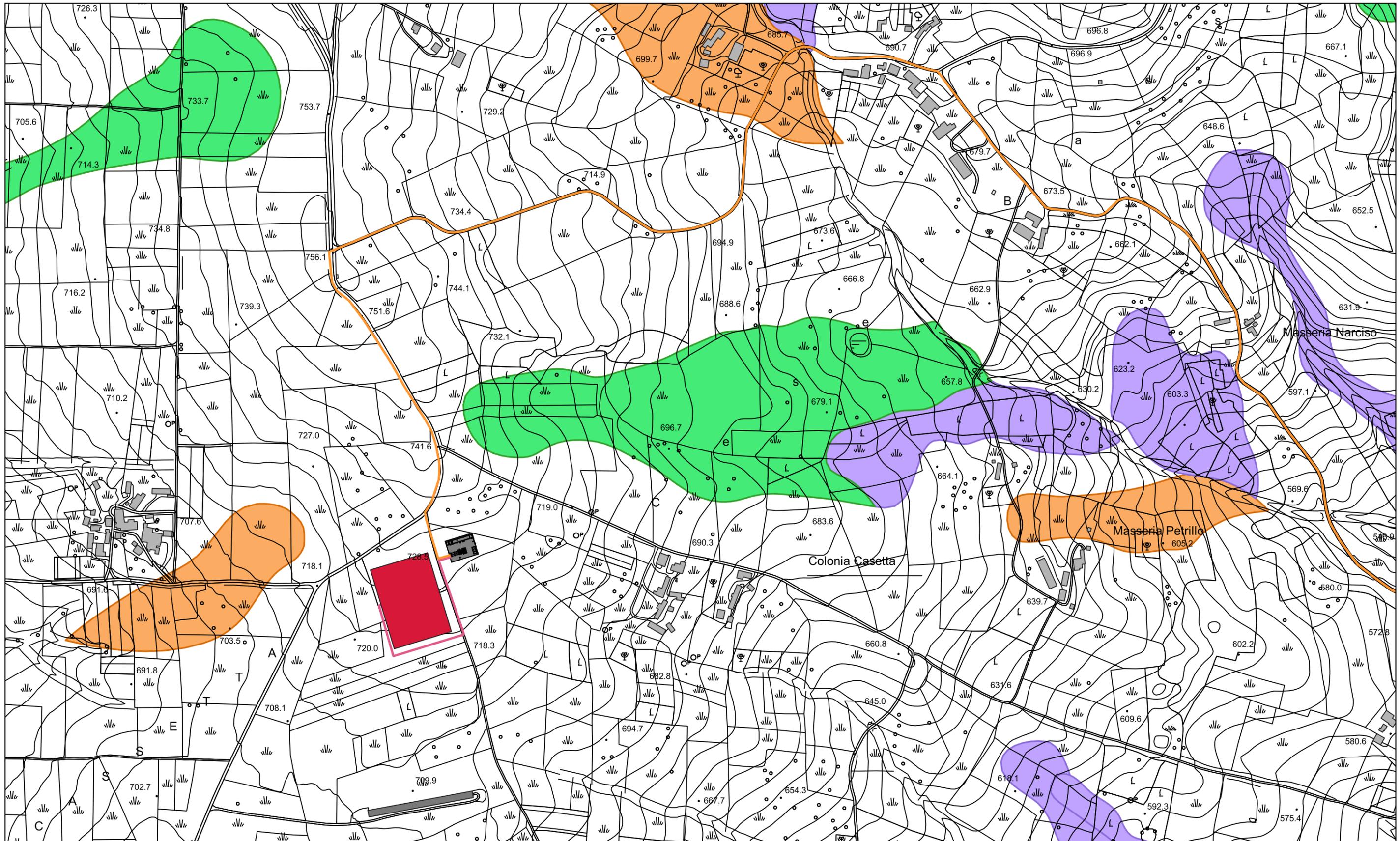
Carta IFFI\* a scala 1:5.000 (TAV.2)

\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT



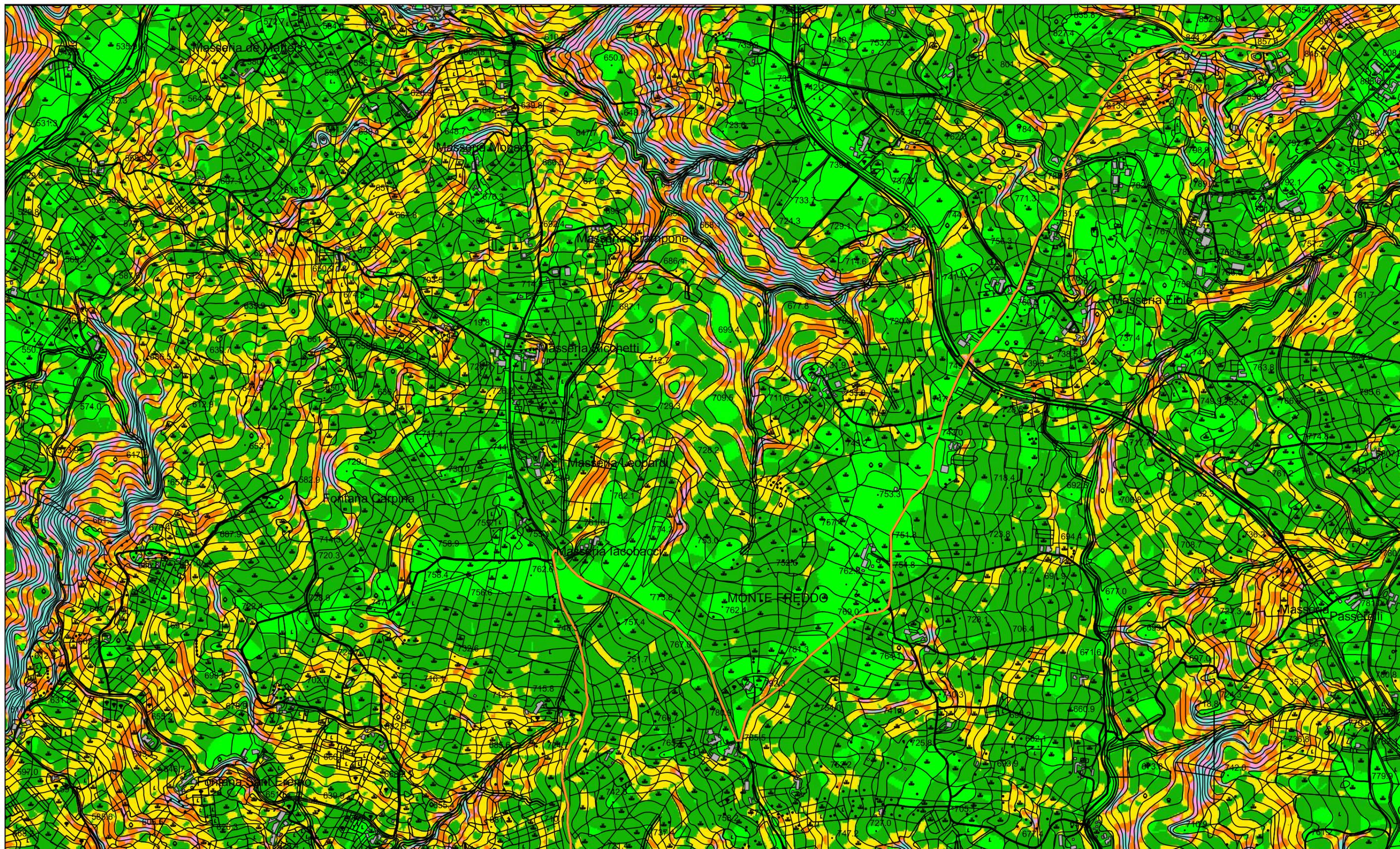
**Carta IFFI\* a scala 1:5.000 (TAV.3)**

\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT

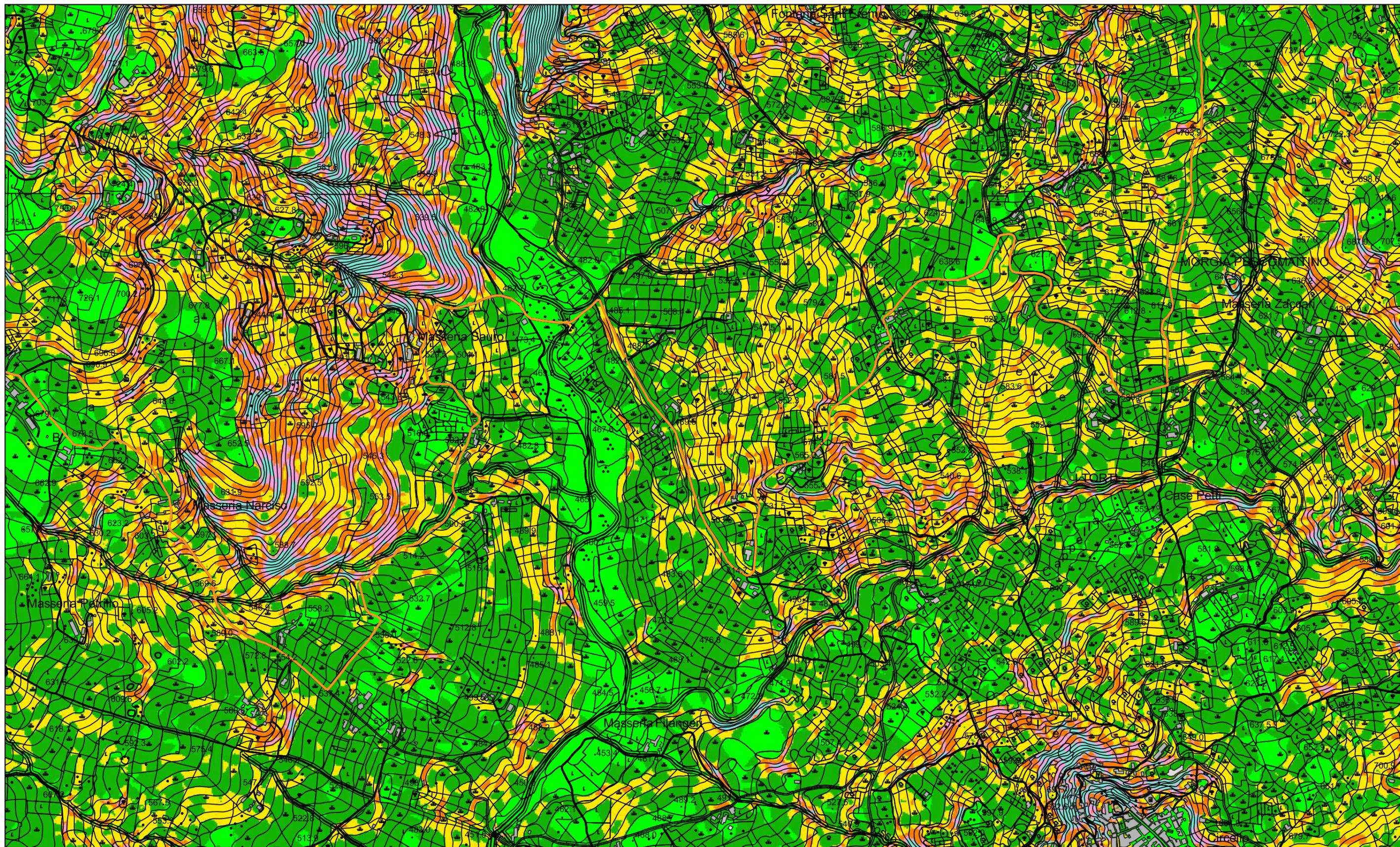


**Carta IFFI\* a scala 1:5.000 (TAV.6)**

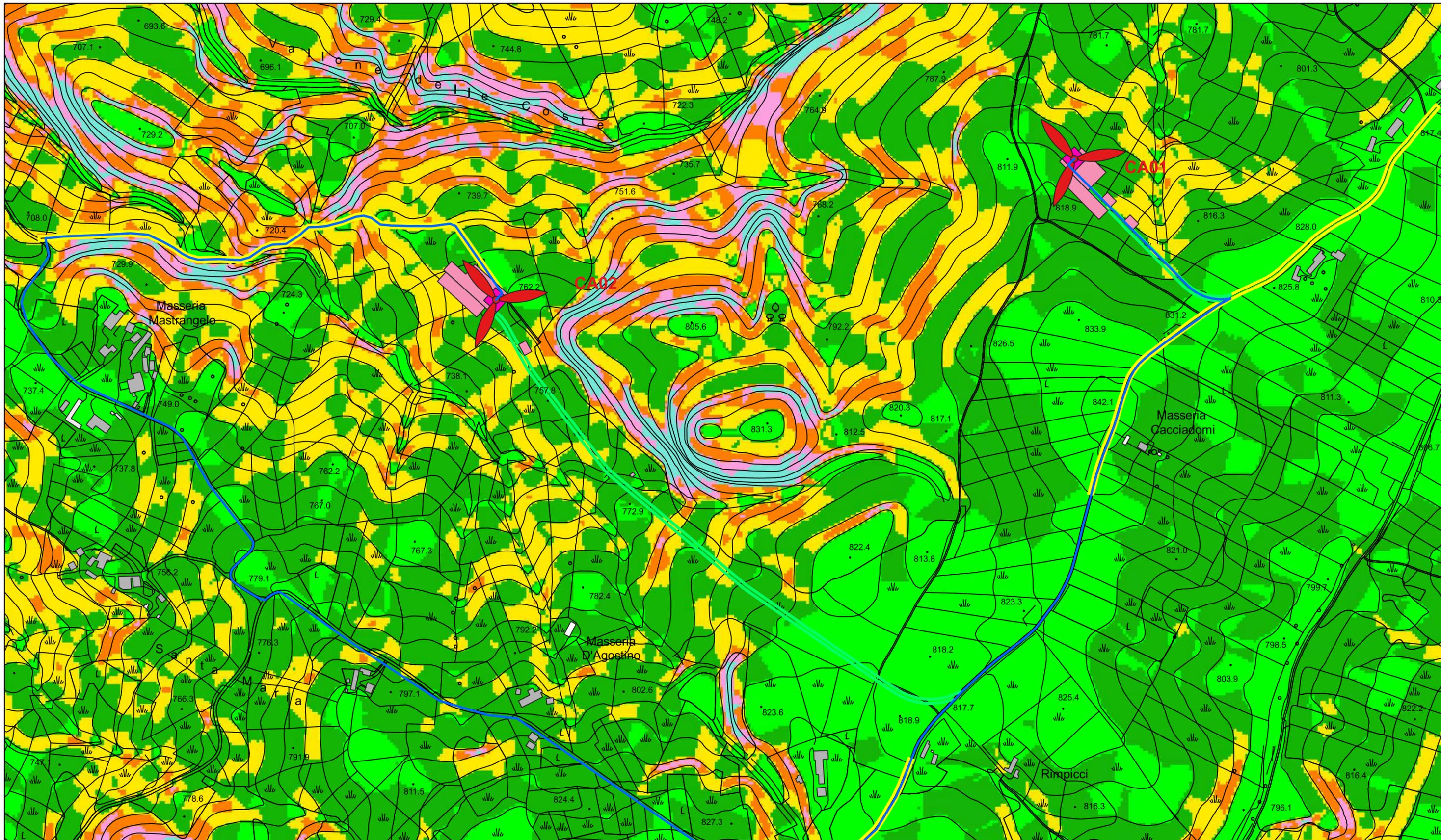
\*cartografia realizzata su base aerofotogrammetrica CTR mediante l'uso dello shapefile "BN\_iffi" dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Campania - Regione Campania - APAT



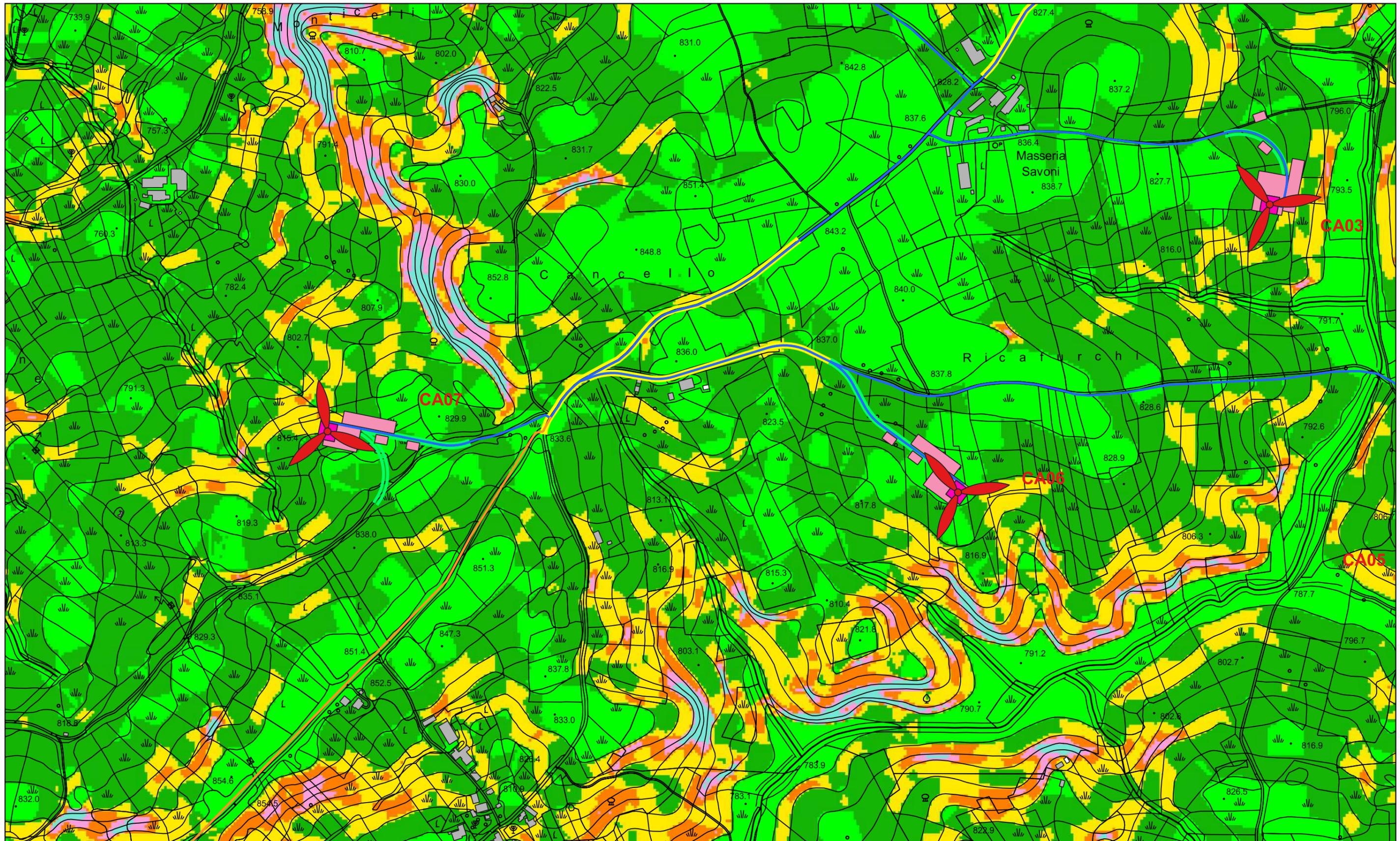
**Carta Clivometrica a scala 1:10.000 (TAV.4)**



**Carta Clivometrica a scala 1:10.000 (TAV.5)**

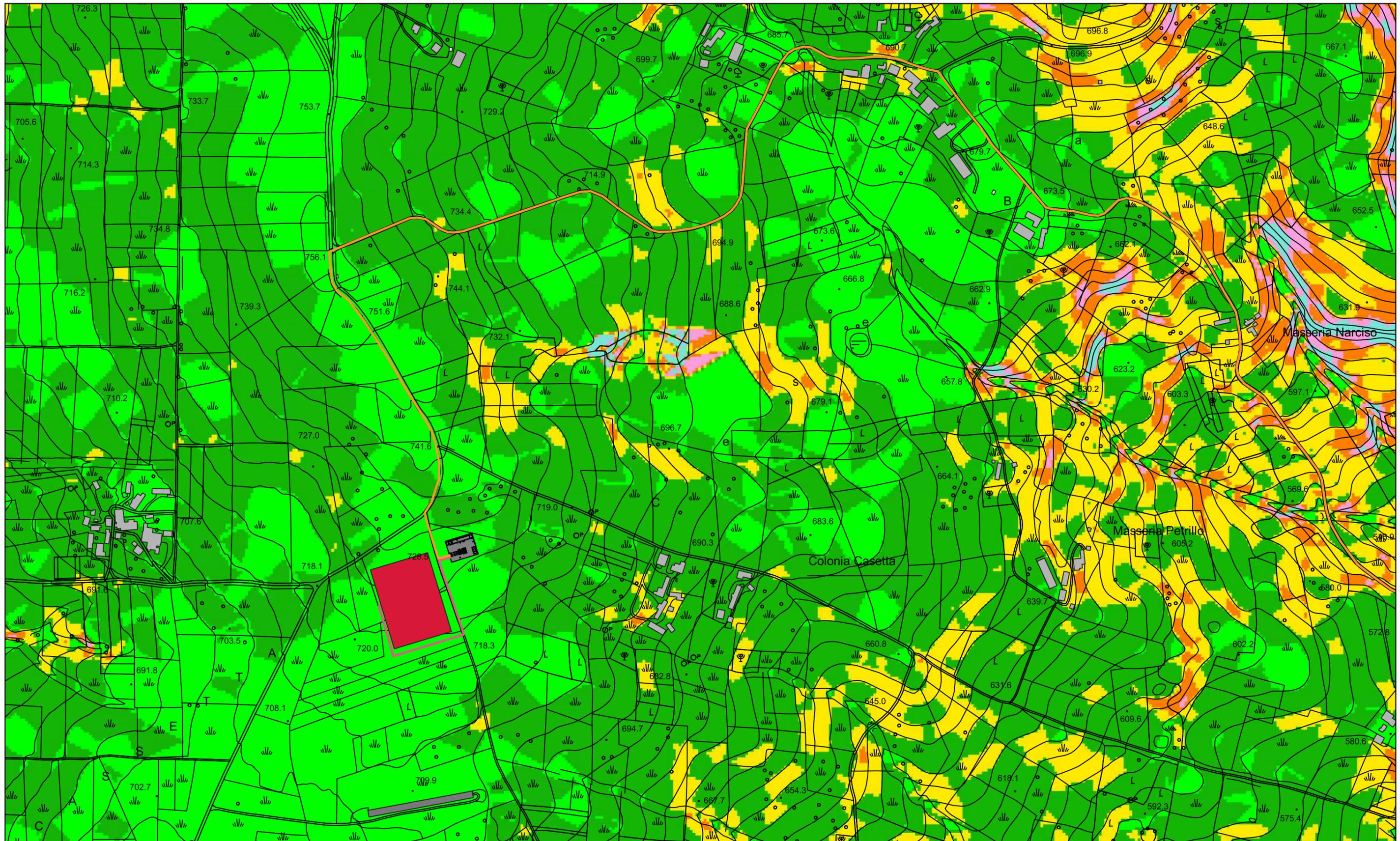


**Carta Clivometrica a scala 1:5.000 (TAV.1)**

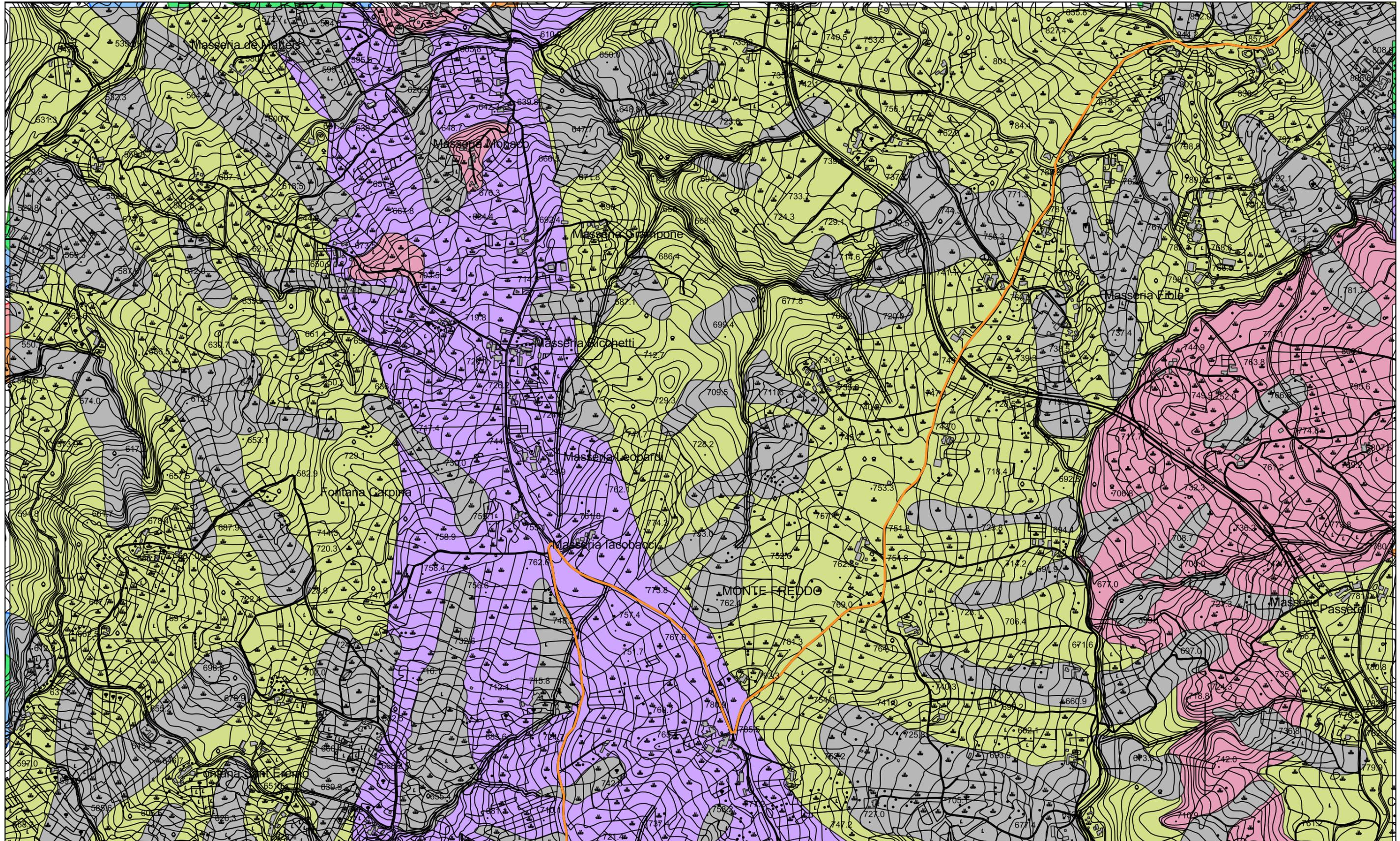


**Carta Clivometrica a scala 1:5.000 (TAV.2)**

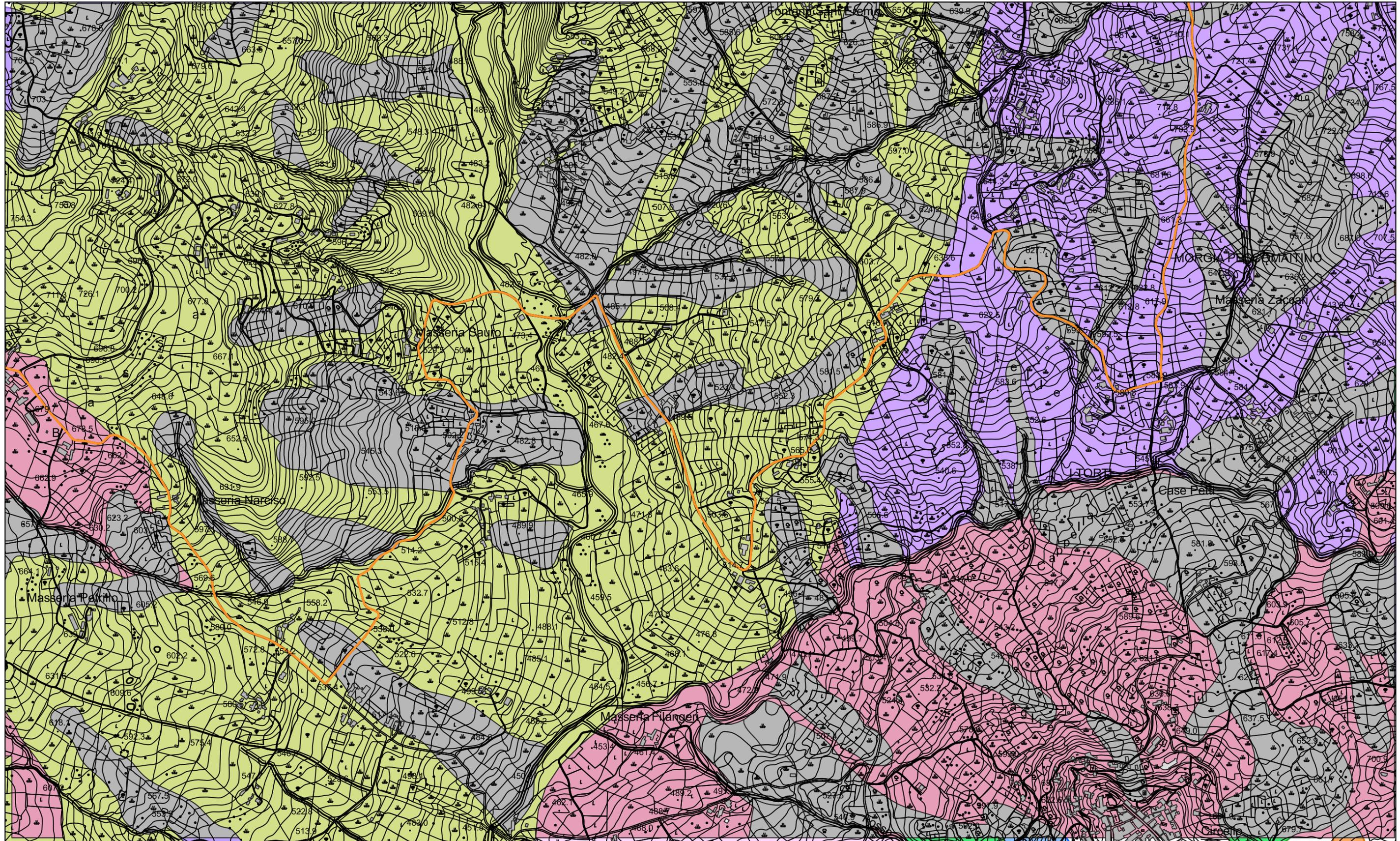




**Carta Clivometrica a scala 1:5.000 (TAV.6)**



**Carta Geolitologica a scala 1:10.000 (TAV.4)**



**Carta Geolitologica a scala 1:10.000 (TAV.5)**