



Geologia tecnica  
ed ambientale  
Cartografia tematica

**Committente:** Amministrazione del Comune di Maddaloni  
**Provincia:** Caserta

**Oggetto:** Studio geologico - geotecnico e relative indagini geognostiche  
occorrenti per la redazione del Piano Urbanistico Comunale, ai  
sensi delle Leggi Regionali n° 9/1983 e n° 16/2004.

**CIG:** Z5717AD7F7

## RELAZIONE GEOLOGICA

**Data:** Dicembre 2018

**Allegati:** 1 -16

**Il committente:**

**I geologi incaricati:**





## Indice

### Parte generale

Premessa	3
Riferimenti normativi	4
<u>Quadro conoscitivo</u>	
1. Inquadramento geografico	7
2. Contesto geologico di riferimento	8
3. Lineamenti geomorfologici	14
4. Inquadramento idrogeologico	24
5. Inquadramento tettonico – strutturale e storia sismica	30
<u>Approccio metodologico</u>	
6. Finalità geologiche ed elaborati richiesti per il P.U.C.	38
7. Metodologia d'indagine	39
<u>Cartografia tematica</u>	
8. Carta geologica e sezioni	50
9. Carta geomorfologica e della stabilità	51
10. Carta idrogeologica	52
11. Carte di zonizzazione sismica	53
<u>Conclusioni</u>	
12. Indicazioni per la realizzazione degli interventi	55



## Parte generale

### **Premessa**

Con Determinazione dirigenziale a contrarre n. 777 del 31.12.2015 ed Avviso pubblico di selezione del 07.01.2016 si dava inizio (ai sensi dell'art. 57 comma 6 del D. lgs. 163/2006) alla procedura di gara per l'affidamento dell'incarico per lo studio geologico-tecnico del territorio comunale di Maddaloni da porre a supporto del redigendo Piano Urbanistico Comunale, comprensivo delle indagini geognostiche.

Con Determinazione dirigenziale n° 512 del 17.10.2016 e successiva comunicazione prot. n° 29685 del 23.11.2016 si comunicava all'Associazione Temporanea di Professionisti, denominata Geo Survey, l'aggiudicazione definitiva dell'incarico.

Accertata, dunque, da parte dell'Ente la documentazione che attestasse la qualificata ed attinente capacità di esecuzione delle indagini previste dall'art. 15 del D. lgs. 163/2016, acquisite le attestazioni inerenti la regolarità contributiva dei contraenti e constatato il possesso dei requisiti di idoneità professionale ed adeguata attrezzatura tecnica per svolgere le prestazioni di cui trattasi, il Responsabile dell'Area Servizio al Territorio del Comune di Maddaloni (CE), architetto Vincenza Pellegrino, con propria determinazione dirigenziale n° 458 del 25.10.2018 confermava l'aggiudicazione definitiva alla suddetta ATP, dichiarandone l'efficacia e confermando l'impegno di spesa assunto con determinazione n° 512 del 17.10.2016.

Tutto ciò premesso, veniva sottoscritto nella Casa comunale di Maddaloni il giorno 14.11.2018 il Disciplinare d'incarico tra il Comune di Maddaloni, rappresentato dall'arch. Vincenza Pellegrino, ed il dott. geol. Giuseppe D'Onofrio, capogruppo dell'ATP Geo Survey, costituitasi per lo specifico incarico e composta dal dott. geol. Giuseppe D'Onofrio, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 838 (Capogruppo), dal dott. geol. Luigi Di Nuzzo, iscritto all'ORG C al n° 358 (membro) e dal dott. geol. Vincenzo Sollitto, iscritto all'ORG C al n° 570 (membro).

Oggetto del presente incarico è, pertanto, la produzione degli elaborati di cui alle Leggi Regionali n. 9/83 e n. 16/04, finalizzati ad evidenziare gli aspetti di natura geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale utili ad una corretta pianificazione urbanistica.



La Legge regionale della Campania n° 9/83, così come modificata dalla Legge regionale 9 maggio 2016, n. 10, detta, in particolare, le norme per l'adeguamento degli strumenti urbanistici generali e particolareggiati vigenti e i criteri per la formazione degli strumenti urbanistici; in particolare agli artt. 11 e 12 della medesima legge si precisa come ogni Comune dichiarato sismico sia tenuto a predisporre indagini geologiche-geognostiche, ai fini della prevenzione dal rischio sismico, e a reperire dati per la compilazione di opportune carte tematiche.

La L. R. 16/04 "Norme su governo del territorio", inoltre, ha per finalità quella di "... garantire la tutela, gli assetti, le trasformazioni e le utilizzazioni del territorio, al fine di favorire lo sviluppo, nel rispetto dei principi di sostenibilità, mediante un efficiente sistema di pianificazione territoriale ed urbanistica, articolata a livelli regionale, provinciale e comunale".

Con Deliberazione n° 834 la G. R. della Campania nella seduta del 11.05.2007 ha, poi, emanato le "Norme tecniche e direttive" riguardanti gli elaborati da allegare agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, generale ed attuativa, come previsto dagli artt. 6 e 30 della L. R. 16/04.

Il Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni", inoltre, al paragrafo 6.12.1 stabilisce che "Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare che la destinazione d'uso sia compatibile con il territorio in esame. In particolare, le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona di interesse in termini di vulnerabilità ambientale, per processi geodinamici interni (sismicità, vulcanismo, ...) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione, subsidenza, ...) e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insiemi di manufatti e interventi (ad esempio: modifiche del regime delle acque superficiali e sotterranee, subsidenza per emungimento di fluido dal sottosuolo).

### Riferimenti normativi

- L.R. 07 gennaio 1983, n. 9 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";



- D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236 “Attuazione della Direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell’art. 15 della L. 16 aprile 1987, n. 183”;
- D.M. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Circ. LL. PP. N. 30483 del 24.09.1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione – Istruzioni per l’applicazione”;
- Legge 18 marzo 1989, n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- Legge 07 agosto 1990, n. 253 “Disposizioni integrative alla Legge 18 marzo 1989, n. 183, recante Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- Legge 05 gennaio 1994, n. 36 “Disposizioni in materia di risorse idriche”;
- Legge 05 gennaio 1994, n. 37 “Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche”;
- L. R. n. 8 del 7 febbraio 1994 “Norme in materia di difesa del suolo – Attuazione della Legge 18 marzo 1989, n. 183 e successive modifiche ed integrazioni”;
- D. M. 11 marzo 1998, n. 183 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione – Istruzioni per l’applicazione”;
- D. Igs. 11 maggio 1999, n. 152 Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della Dir. 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Dir. 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole”;



- Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque;
- D.P.R. 05 Giugno 2001, n. 328. "Disciplina ordinamenti delle professioni";
- D.P.R. 06 Giugno 2001, n. 380. "Testo Unico per disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Deliberazione 07 novembre 2002, n. 5447 "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania";
- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche ed integrazioni;
- Decreto G.R.C. 27 maggio 2003, n. 195 "Regolamento per la disciplina della fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati e riclassificati sismici" con Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7 novembre 2002;
- L. R. 22 dicembre 2004, n. 16 "Norme sul governo del territorio";
- D. Igs. 03 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale";
- Delibera di Giunta Regionale n. 834 del 11 maggio 2007 "Norme tecniche e direttive riguardanti gli elaborati da allegare agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, generale ed attuativa, come previsto dagli artt. 6 e 30 della L. R. 22 dicembre 2004, n. 16 "Norme sul governo del territorio";
- D. M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Circolare 02 Febbraio 2009, n. 617. "Disposizioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008";
- Sentenza del Consiglio di Stato n. 1473 del 12 Marzo 2009;
- L. R. 28 dicembre 2009, n. 19 "Misure urgenti per il rilancio economico, per la riqualificazione del patrimonio esistente, per la prevenzione del rischio sismico e per la semplificazione amministrativa;
- Legge regionale 9 maggio 2016, n. 10 "Misure urgenti per la semplificazione delle norme in materia di prevenzione del rischio sismico".
- D.M. del 17 Gennaio 2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

## Quadro conoscitivo

## 1. Inquadramento geografico

Il territorio del Comune di Maddaloni si estende su una superficie di circa 36 kmq nella porzione centro-occidentale della Regione Campania e ricade in Provincia di Caserta. Esso è rappresentato, con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare, all'interno del Foglio 172 (Caserta) in scala 1:100.000 e nella Tavoletta 172 II SE (Caserta) in scala 1:25.000, mentre, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale, all'interno degli elementi 431092, 431093, 431131, 431132, 431133, 431134, 431143, 431144 in scala 1:5.000.



Fig. n° 1 – Planimetria del territorio comunale di Maddaloni

Tali elementi cartografici sono tutti compresi nel Foglio 431 – Caserta Est della nuova Carta Topografica d'Italia in scala 1:50.000, restituita da proiezione conforme del sistema cartografico UTM, con riferimento al sistema geodetico ED50 centrato sull'ellissoide internazionale con orientamento medio europeo, e utilizzata anche per la redazione della nuova Carta Geologica d'Italia in scala 1:25000, redatta nell'ambito del progetto CARG.



Dal punto di vista altimetrico la morfologia del territorio comunale presenta ampie aree pianeggianti, degradanti verso sud-est con quote altimetriche minime in località Bosco Lagno (~ m. 20 s.l.m.), a ridosso di dorsali collinari preappenniniche, che raggiungono le quote altimetriche massime sui rilievi di Monte S. Michele (m. 427), di Torre Paoli (m. 413) e di Monte Decoro (m. 296).

Un'importante incisione valliva ad andamento nord-sud separa la dorsale di Monte S. Michele, propaggine orientale dei Colli Tifatini, dai Monti di Durazzano o Saticulani, rispecchiando a livello locale l'assetto tipico della catena appenninica, che rappresenta una tipica catena per pieghe e sovrascorimenti con vergenza orientale compresa tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo ad Est.

## 2. Contesto geologico di riferimento

### a. Evoluzione del settore di catena

La Catena Appenninica, ai cui margini si estende il territorio comunale di Maddaloni, si è formata in un contesto tettonico collisionale più ampio e connesso all'interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le microzolle interposte.

L'attuale configurazione geometrica della catena rappresenta, quindi, il risultato di eventi compressivi, trascorrenti e distensivi legati alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica. Tali eventi sono stati accompagnati in fase tardiva da fenomeni distensivi sul bordo interno della catena a causa dell'apertura del Bacino tirrenico.

Le principali fasi deformative che hanno strutturato il settore campano della Catena Appenninica sono avvenute tra il Miocene ed il Quaternario, anche se gran parte dell'edificio a falde si è strutturato solo a partire dal Langhiano. Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica, o quantomeno a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato, quindi, ad impilarsi in maniera diacronica a partire dal Miocene inferiore, formando un prisma di accrezione, suturato da una successione di *thrust top*.

Le unità cinematiche del settore di catena d'interesse hanno subito un'azione di trasporto orogenico a partire dal Tortoniano inferiore, coinvolgendo i domini di piattaforma carbonatica impostati su crosta continentale.

Successivamente il prisma tettonico si è ulteriormente spostato verso nord-est, coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni, sino al raggiungimento della Piattaforma Apula. Le fasi tettoniche tortoniane hanno quindi condizionato in maniera evidente la sedimentazione di tutte le aree bacinali, portando alla formazione dell'assetto strutturale pressoché definitivo della catena.

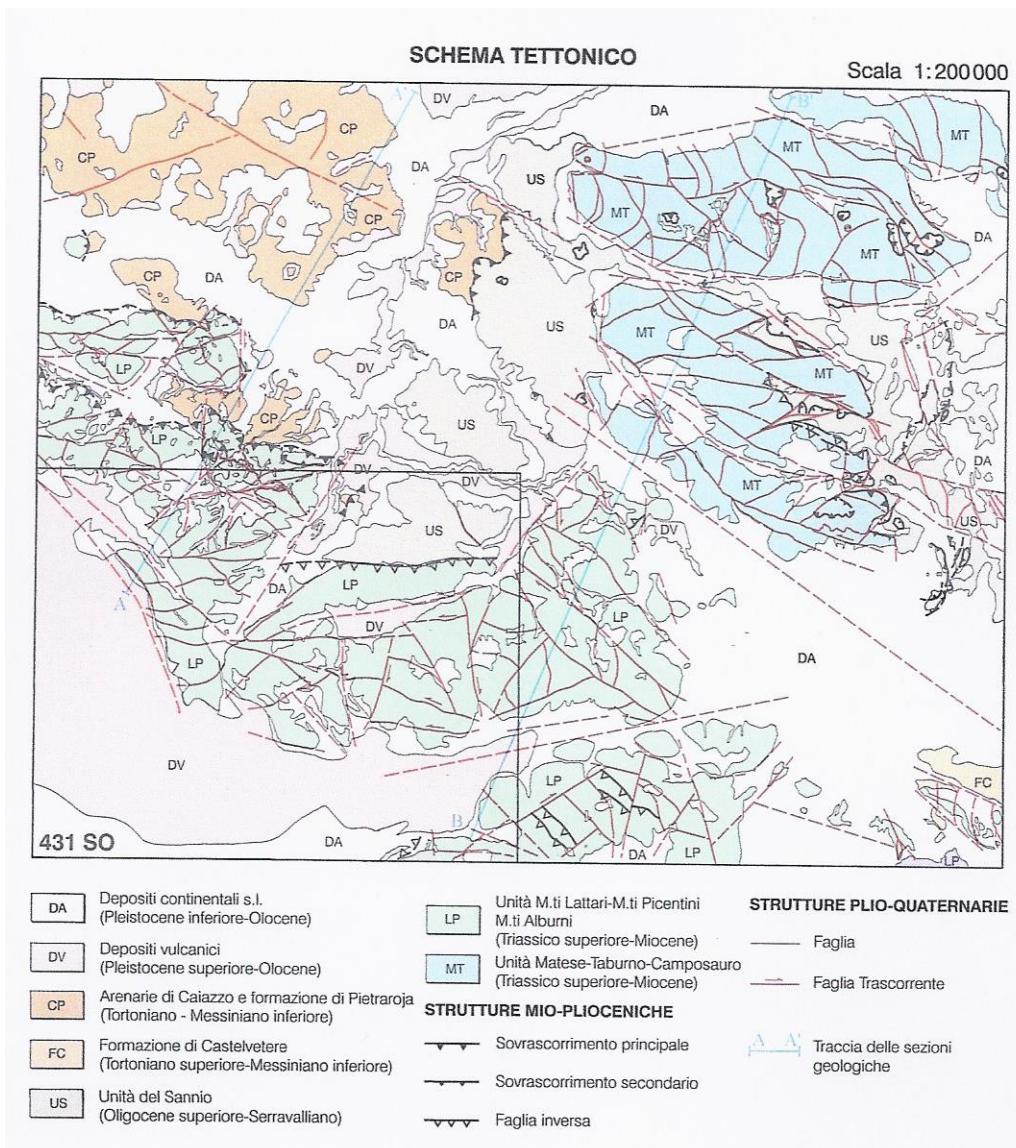


Fig. n° 2 – Schema tettonico dal Foglio 431 della Carta Geologica

Tra il Messiniano e la prima parte del Pliocene inferiore, si sono verificati alcuni episodi di tettonica distensiva che hanno favorito la formazione di bacini di *piggy-back* poco profondi, caratterizzati da sedimentazione prevalentemente evaporitica.

Durante le fasi tettoniche del Pliocene inferiore e medio si sono formate ulteriori zone subsidenti, con conseguente ingressione marina connessa alla generale invasione del Mediterraneo dopo la crisi di salinità del Messiniano.

Nel Pliocene medio e superiore la pila tettonica già formata viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente e distensiva plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione più meridionale del Bacino Tirrenico.

Nei settori interni dell'Appennino meridionale, questa fase tettonica avviene prevalentemente su lineamenti ad alto angolo, che riattivano localmente strutture ereditate dalle precedenti fasi tettonichepressive.

Tra il Pleistocene medio e l'Olocene, infine, si instaura un regime prevalentemente estensionale responsabile della formazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale. La tettonica distensiva quaternaria si sostituisce a quella prevalentemente trascorrente plio-pleistocenica, determinando la formazione di faglie dirette di diverso ordine gerarchico e causando la riattivazione di numerosi elementi preesistenti.

Questa fase porta quindi alla definizione degli attuali assetti geologici della Catena Appenninica, con la formazione di ampie piane intramontane colmate da spesse successioni continentali di tipo vulcanico, alluvionale e fluvio-lacustre.

### **b. Evoluzione delle aree pianeggianti**

I terreni vulcanoclastici da caduta e da flusso ampiamente affioranti in tutto l'Appennino Campano derivano in primis dall'attività esplosiva del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, due importanti apparati vulcanici posti sul margine del bacino tirrenico.

In corrispondenza dei settori di fondovalle tali terreni sono rappresentati da tufi e depositi piroclastici con spessori fino a diverse decine di metri, mentre lungo i rilievi e sui versanti si rinvengono depositi vulcanoclastici in giacitura primaria alternati a materiali colluviali e paleosuoli con variabili quantità di materiale roccioso.

Il Somma-Vesuvio è un classico strato-vulcano, che raggiunge l'altezza massima di circa 1281 m s.l.m. Esso risulta costituito da un edificio vulcanico più vecchio e ripetutamente collassato, il Monte Somma, e da un edificio più recente cresciuto all'interno della caldera preesistente, il Monte Vesuvio.

Le due strutture sono collegate dalla cosiddetta Valle del Gigante, una stretta depressione morfologica a forma ellittica che rappresenta i resti della caldera da collasso dell'antico edificio vulcanico del Monte Somma.



L'attività vulcanica del complesso Somma-Vesuvio ha avuto inizio circa 400 ka fa ed è chiaramente di tipo misto, in quanto nel corso della sua esistenza si sono succedute eruzioni sia effusive che pliniane. Durante gli ultimi 20 ka sono avvenute ben sette eruzioni pliniane ad intervalli di alcune migliaia di anni; di queste ben nota è l'eruzione del 79 d.C. che distrusse le città di Pompei ed Ercolano.

Si calcola che ogni evento pliniano sia stato capace di produrre tra i 5 e gli 11 km<sup>3</sup> di materiale piroclastico, diffuso su un'area di circa 20000-30000 ettari.

I Campi Flegrei, invece, sono un sistema vulcanico complesso, formato da una serie di piccoli centri a carattere principalmente monogenico. Solo negli ultimi 39 ka sono stati attivi più di quaranta differenti centri eruttivi. I prodotti del vulcanismo flegreo sono caratterizzati da un chimismo alcalino- potassico tipico della Provincia Magmatica Laziale-Campana, con composizioni che variano da basalti shoshonitici a fonoliti.

L'attività vulcanica flegrea ha avuto inizio circa 48 ka fa ed è caratterizzata da eruzioni esplosive e rari episodi effusivi. Tale attività vulcanica si è sviluppata in conseguenza delle fasi tettoniche distensive plio-quaternarie, a cui è connessa la genesi della Piana Campana. Il persistente stato di attività del sistema magmatico è testimoniato dall'eruzione del Monte Nuovo del 1538, nonché dall'attuale presenza di fumarole, sorgenti di acque calde e dal fenomeno del bradisismo.

La complessa struttura dei Campi Flegrei è dovuta a due principali episodi parossistici, connessi rispettivamente alle eruzioni del Tufo Grigio Campano circa 39 ka fa e del Tufo Giallo Napoletano circa 13 ka fa, i cui prodotti sono per lo più limitati all'area flegrea. Le caldere sono caratterizzate da un articolato sistema di alimentazione magmatica, in quanto attraversate da ampie fratture che hanno interessato il basamento attraverso cui è risalito il magma.

L'attività precedente il Tufo Grigio Campano è stata caratterizzata dalla formazione di un gran numero di centri eruttivi, distribuiti su di un'area più vasta di quella degli attuali Campi Flegrei. Questo primitivo campo vulcanico, definito Paleoflegreo, è stato sede di un'intensa attività vulcanica sia effusiva che esplosiva che si estendeva da Procida fino ai confini orientali dell'odierna città di Napoli fino ad interessare con limitati affioramenti le propaggini occidentali dei rilievi appenninici.

### c. Assetto stratigrafico

Il settore della Catena Appenninica affiorante lungo i rilievi montuosi della zona di studio è costituito da tre grandi unità tettoniche meso-cenozoiche, derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici di natura bacinale e di piattaforma carbonatica. Le successioni terrigene di bacino sono riferibili all'Unità tettonica del Sannio, mentre le sequenze carbonatiche di piattaforma sono ascrivibili all'Unità tettonica dei Monti Lattari-Picentini-Alburni e dell'Unità tettonica Matese-Taburno-Camposauro. L'attuale configurazione geometrica delle unità presenti è il risultato di una complessa storia deformativa, caratterizzata da fasi compressive mio-plioceniche seguite da episodi trascorrenti ed estensionali durante il Pliocene superiore-Pleistocene. In generale, dal basso verso l'alto è possibile riconoscere l'Unità Matese-Taburno-Camposauro, l'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni e l'Unità del Sannio.

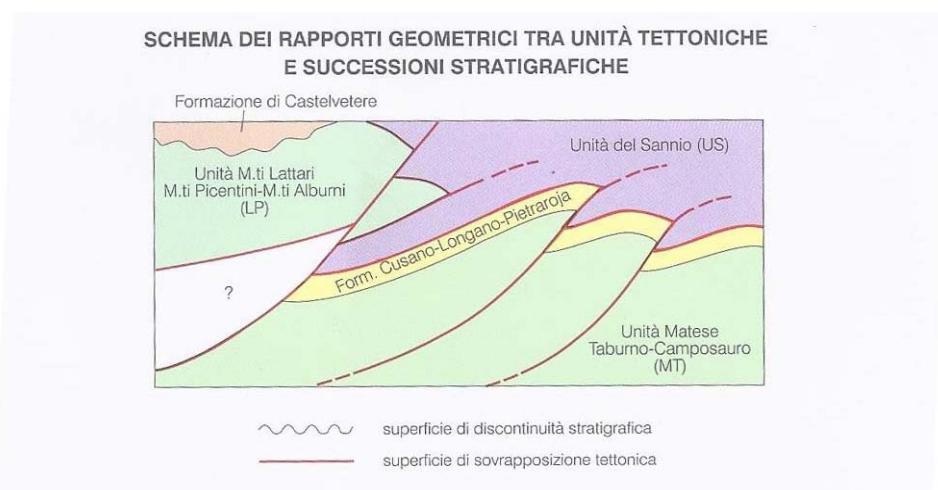


Fig. 3 – Assetto stratigrafico-strutturale dal Foglio 431 della Carta Geologica

Nell'appennino casertano, l'elemento più elevato della pila tettonica è dunque rappresentato dall'Unità del Sannio con la sua copertura silico-clastica miocenica. Tale unità, derivante da un dominio bacinale localizzato tra i vari domini di piattaforma, si sovrappone con vergenza orientale sulle due unità mesozoiche di piattaforma carbonatica. L'età della sovrapposizione di tale unità su quella dei Monti Lattari-Picentini-Alburni è riferibile al Tortoniano inferiore-medio, mentre l'età della sovrapposizione sull'Unità Matese-Taburno-Camposauro risulterebbe successiva alla deposizione delle arenarie del Tortoniano superiore-Messiniano inferiore.

L'evoluzione strutturale della zona è contraddistinta, inoltre, dalla

sovraposizione più a nord dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Albumi sui depositi sin-orogeni delle Arenarie di Caiazzo.

La pila tettonica precedentemente formata viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente ed estensionale plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione meridionale del Bacino Tirrenico.

Le dislocazioni prodotte durante questo periodo provocano un generale ribassamento verso SE delle unità precedentemente impilate. In particolare, nel settore della Piana Campana, queste ultime vanno a formare una gradinata di blocchi strutturali ribassati verso il margine tirrenico e coperti da potenti successioni vulcaniche e alluvionali quaternarie.

Le strutture complessive più diffuse nell'area sono comunque riferibili all'evento tettonico a vergenza settentrionale e nord-orientale, che porta alla sovrapposizione dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Albumi su quella del Matese-Taburno-Camposauro.

Alla base del versante settentrionale del rilievo di Monte Longano, a Nord di Durazzano, si assiste invece alla sovrapposizione tettonica delle successioni carbonatiche dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Albumi sui depositi prevalentemente pelitici dell'Unità del Sannio. Tale struttura è rappresentata da un importante *thrust* a vergenza settentrionale, che si sviluppa in direzione E-W nella porzione orientale del rilievo e SW-NE nella parte più occidentale dello stesso. Traccia di tale sovrascorrimento è in parte visibile anche lungo la linea tettonica che divide, in territorio di Maddaloni, i Colli Tifatini dai Monti Saticulani.

Per quanto riguarda la tettonica distensiva, le fasi trascorrenti ed estensionali plio-pleistoceniche coeve all'apertura del bacino tirrenico agiscono prevalentemente su lineamenti ad alto angolo ereditati dalla precedente tettonica compressiva, con orientazione appenninica ed antiappenninica. In generale, tali strutture sono distribuite in modo ordinato ed ogni settore di catena risulta caratterizzato da sistemi di faglie con specifiche caratteristiche geometriche e cinematiche.

I suddetti elementi sono ampiamente rilevabili lungo i rilievi montuosi piuttosto che in corrispondenza delle principali pianure e valli intramontane, là dove risultano completamente obliterati dagli ingenti depositi continentali presenti.

Tutte le strutture distensive riconosciute nell'area derivano da due distinti episodi estensionali, caratterizzati da differenti orientazioni e cinematicismi degli elementi prodotti.

Il primo episodio è databile al Pleistocene inferiore-medio ed è contraddistinto da

strutture orientate NE-SE con cinematica dip-slip, strutture WNW-ESE ed E-W con cinematica transtensiva sinistra e faglie N-S con cinematica transtensiva destra.

Il secondo episodio, invece, è databile al Pleistocene superiore ed è caratterizzato prevalentemente da faglie NW-SE con cinematica puramente estensionale.

La Piana Campana rappresenta uno dei più estesi bacini quaternari dell'Italia meridionale, strutturatosi in seguito alle fasi distensive del Pliocene superiore.

La subsidenza del bacino si realizza nel corso del Pleistocene inferiore e medio, in particolare, con ribassamenti variabili dai 3000 m della porzione settentrionale ai 1500 m del margine meridionale. Nel corso del Pleistocene medio i ribassamenti assoluti coinvolgono ampi settori del bacino, giungendo ad interessare la depressione dell'alta valle del Fiume Volturno, e continuano in tutta l'area per buona parte del Pleistocene superiore. Nella seconda parte del Pleistocene superiore, infine, la piana emerge definitivamente per effetto della regressione eustatica e della diminuzione dei tassi di subsidenza. Nei settori più interni della piana, le strutture tardo-quaternarie sono rappresentate da faglie NW-SE disposte in prossimità del margine nord-orientale del bacino ed interessano sia il substrato marino sia le coperture vulcanoclastiche del Tufo Grigio Campano.

Le faglie con orientazione E-W, invece, hanno contribuito al ribassamento recente della Piana Campana sia nella zona centrale che nell'area Sud-orientale, dove la subsidenza è continuata anche dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana. Nella porzione meridionale della conca, inoltre, si registra una importante tettonica tardo-quaternaria che riattiva faglie sia NE-SW che NW-SE, anche in connessione con eventi vulcanotettonici come il *block faulting* che accompagnò la grande eruzione dell'Ignimbrite Campana.

### **3. Lineamenti geomorfologici**

#### **a. Assetto geomorfologico**

L'assetto geomorfologico dell'Appennino campano risulta caratterizzato dalla presenza di spesse successioni marine meso-cenozoiche a dominante calcareo-dolomitica e arenaceo-marnosa, variamente affioranti in corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi più estesi, più raramente costituiscono limitati affioramenti o soglie sepolte a debole profondità nella porzione orientale della Piana Campana.



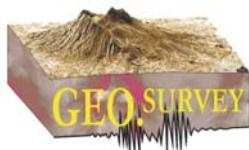
I depositi continentali quaternari, invece, sono particolarmente diffusi in corrispondenza delle principali pianure morfologiche dell'area, quali la Piana Campana con la sua apofisi orientale (c.d. Valle di Suessola), la Valle di Maddaloni, la Valle Caudina e la media valle del Fiume Volturino.

I settori di affioramento delle successioni carbonatiche sono caratterizzati da un paesaggio prevalentemente montuoso con pendenze medio-alte, elevata energia di rilievo e diffusa presenza di forme carsiche e strutturali. Tali rilievi sono attraversati da numerosi elementi tettonici trasversali, generalmente di tipo distensivo, mentre la parte bassa dei versanti è in genere caratterizzata dalla presenza di vasti *glacis* d'accumulo derivanti dalla coalescenza di ampie conoidi alluvionali e falde detritiche. Nel settore d'interesse, le unità carbonatiche sono rappresentate dalla dorsale dei Monti di Avella-Caserta, anch'essi delimitati da importanti versanti strutturali ad andamento appenninico, impostati lungo le faglie bordiere del Graben Campano.

L'assetto geomorfologico del territorio è stato quindi fortemente condizionato dalla risposta di tipo rigido dei litotipi carbonatici alle sollecitazioni tettoniche, per cui si sono impostati versanti di faglia originariamente molto acclivi, che sono stati poi regolarizzati dall'erosione rettilineo-parallela e/o fluvio-denudazionale. I versanti delle dorsali sono stati inoltre pressoché denudati delle originarie coltri terrigene ed anche le coltri piroclastiche più recenti sono rinvenibili solo nei bassi morfologici.

Per la natura delle rocce l'idrografia è assente o poco gerarchizzata con rari impluvi incisi da corsi d'acqua susseguenti con regime di portata assente o effimero. Le sezioni di sbocco nella piana di tali impluvi sono interessate da ampie conoidi non più attive, talvolta reincise e per lo più urbanizzate.

Le forme descritte dell'orografia, originatesi dalla combinazione di fattori di natura geologica, tettonico-strutturale e geomorfologica, consentono di ritenere molto basso il pericolo derivante da movimenti franosi che possano interessare i versanti meridionali dei Monti di Caserta e di Durazzano, fatta eccezione per quegli insediamenti di fondovalle, a ridosso di impluvi o a valle di depositi di brecce sospese sui pendii, i quali potrebbero trovarsi in situazioni di rischio, in particolare con il verificarsi di eventi meteorici particolarmente rilevanti o di scosse sismiche.



I settori pianeggianti della Piana Campana e delle valli secondarie derivano invece dall'aggradazione di materiali vulcanoclastici e fluvio-lacustri sul fondo di conche subsidenti, generatesi probabilmente in seguito all'attività tettonica delle faglie bordiere dei rilievi carbonatici. Nel corso del Pleistocene medio buona parte dell'attuale Graben Campano risulta occupata dal mare, essenzialmente a causa della forte subsidenza tettonica registrata in tutto il settore della piana.

In seguito all'Ultimo interglaciale, buona parte dell'attuale Piana Campana emerge dal mare e si registra la messa in posto dell'Ignimbrite Campana. La risposta dei sistemi fluviali a tale variazione del livello di base è associata agli inasprimenti climatici dell'Ultimo Glaciale (50-18 ka) e si traduce, fondamentalmente, in una intensa fase di incisione che determina la dissezione dei depositi vulcanici e la formazione di terrazzi lungo le principali aste vallive. La dinamica recente ed attuale delle piane tettoniche e alluvionali, infine, è essenzialmente riconducibile a processi fluviali e gravitativi.

### **b. Unità geomorfologiche**

Sotto il profilo morfologico il paesaggio può essere suddiviso in quattro principali unità geomorfologiche:

- Unità montane, con pendenze originariamente molto acclivi in rocce carbonatiche per l'azione di faglie normali, successivamente evolute per recessione rettilineo-parallelia e soggette all'azione fluvio-denudazionale da parte delle acque meteoriche; la pendenza media dei rilievi è attualmente di circa 30°; i morfotipi più significativi di questa porzione del territorio sono rappresentati: da profonde incisioni, allungate secondo le linee di massima pendenza, impostatesi lungo discontinuità strutturali, con limitati accumuli di materiali piroclastici e detritici; da spianate sommitali, rappresentate da antiche superfici di erosione, variamente dislocate dalla neotettonica; da conche endoreiche, di origine tettonica, su cui hanno profondamente agito fenomeni di natura carsica;
- Unità pedemontane, che rappresentano le aree di raccordo con il fondo valle con pendenze medie di 15° e sono costituite da depositi vulcanoclastici e detritici clinostratificati e da glacis di natura eluvio-colluviali, formatisi a seguito dell'azione

di erosione delle coltri dei versanti in condizioni climatiche diverse da quelle attuali per fenomeni di gelifrazione e termoclastismo; i morfotipi significativi di queste fasce sono: i talus, deboli coltri di materiali incoerenti, soggetto a lenti colamenti gravitativi con bassa suscettibilità ad evolvere in movimenti fransosi rapidi; i conoidi, tipiche forme di depositi ritmici da correnti con elevato trasporto di sedimenti dalla caratteristica forma a ventaglio alla base degli impluvi. Tali conoidi, nelle attuali condizioni climatiche, non sono più attivi come un tempo, presentandosi più o meno reincisi e, talvolta, antropizzati; i terrazzi piroclastici, costituiti da materiali depositatisi alla base dei contrafforti calcarei, in parte incisi dai corsi d'acqua in seguito all'abbassamento del livello di base con aumento dell'azione erosiva, in parte rimodellati dall'azione antropica a seguito della progressiva urbanizzazione delle aree pedemontane;

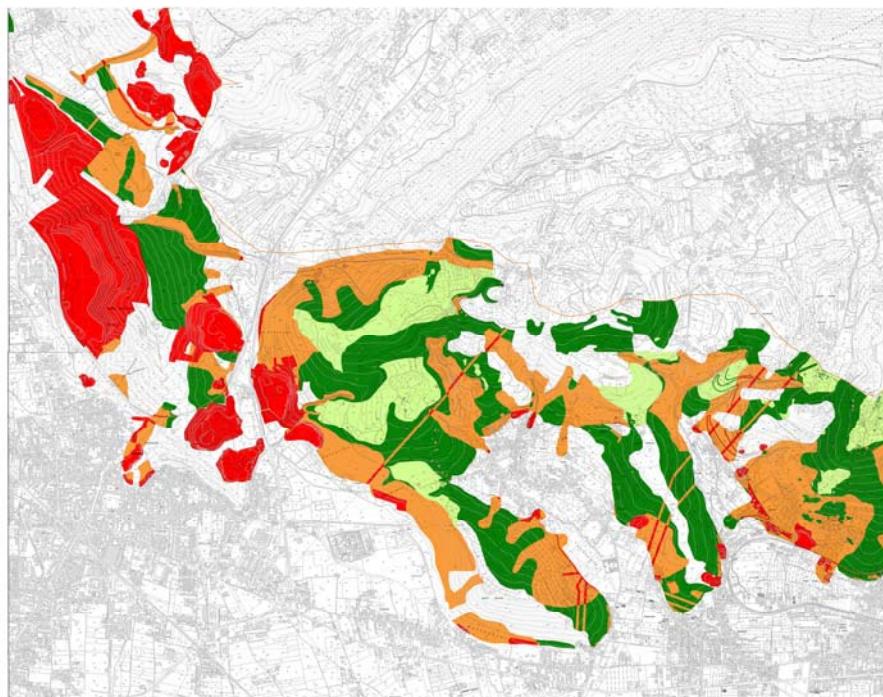
- Unità di fondovalle, rappresentate da strette vallecole a deboli pendenze tra i rilievi collinari, solcate da fossi torrentizi, di cui si fatica a riconoscere l'originario decorso, perché, con il procedere dell'espansione edilizia, sono state realizzate opere di cattura, di tombamento o di trasformazione in alvei strada; le vallecole confluiscano verso Sud con recapito finale il Canale dei Regi Lagni;
- Unità di pianura, con pendenza pressoché nulla, sono costituite da ampie distese tabulari di depositi vulcanoclastici sia da flusso sia da caduta con superfici di strato orizzontali o suborizzontali, spesso segnate da paleosuoli; nella porzione meridionale del territorio comunale affiorano depositi di origine alluvionale con limitati affioramenti di travertino, più abbondanti in territorio di Acerra, in corrispondenza di risorgive con regime transitorio.

### **c. Rischio idrogeologico**

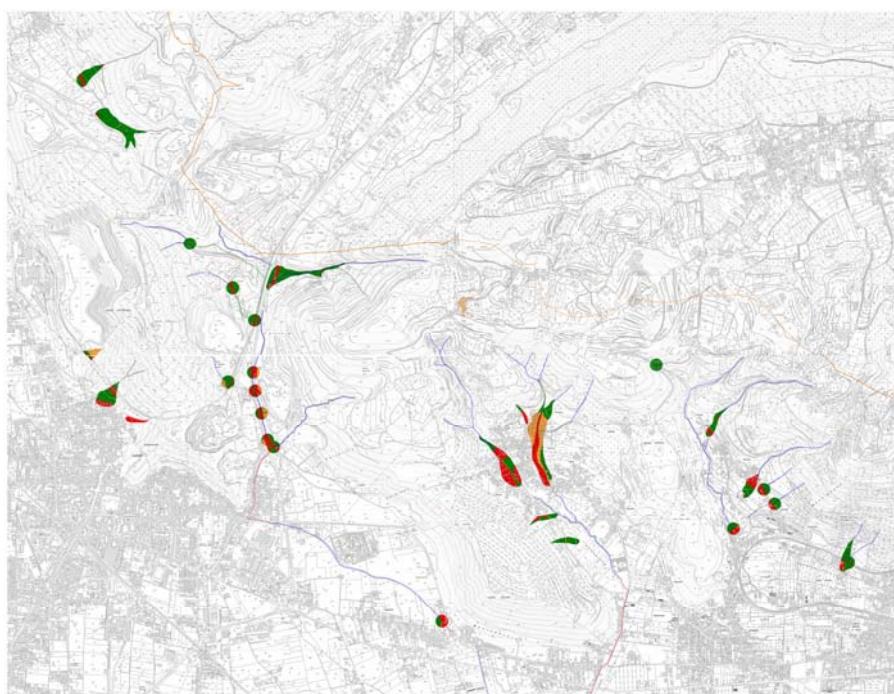
Sul territorio oggetto di studio sono riconoscibili forme tettonico-strutturali, forme di versante legate all'azione gravitativa, forme fluviali e di versante legate al dilavamento, superfici di erosione antica e forme antropiche riconducibili a fenomeni di instabilità in atto o potenziali e/o di amplificazione del segnale sismico, nonché a potenziali fenomeni di sovralluvionamento.

L'analisi di tali fenomeni ha condotto l'autorità di bacino della Campania centrale (già Autorità di Bacino Nordoccidentale della Campania) a censire ampie zone del territorio comunale di Maddaloni fra le aree a rischio idraulico o da frana.

Stralcio Carta del Rischio da Frana



Stralcio Carta del Rischio Idraulico



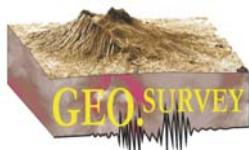
Figg. 4 - 5 Area del territorio comunale censite a rischio idrogeologico

Ciò nonostante l'inventario dei fenomeni franosi (IFFI) realizzato dall'ISPRA riporta per il territorio comunale di Maddaloni solo sei fenomeni franosi registrati:

ID Frana	Tipo	Località
06 10107400	Colamento rapido	Pintime
06 10107300	Colamento rapido	Calvarino
06 10107200	Colamento rapido	Calvarino
06 10106600	Crollo/ribaltamento	Montedecoro
06 10106500	Crollo/ribaltamento	Montedecoro
06 10106400	Crollo/ribaltamento	Montedecoro



Figg. 6 -7 Frane riportate nel censimento IFFI per il territorio maddalonese



In realtà le condizioni geostatiche dei litotipi affioranti in località Calvarino e sul versante opposto della valle in località S. Salvatore, già precarie di per sé, sono state aggravate dalla realizzazione di tagli e sbancamenti connessi alla realizzazione di sentieri montani o di strade vicinali di collegamento tra i fondi agricoli e/o le case coloniche. Tali tagli sono protetti solo in alcuni punti da opere di contenimento e di sostegno (peraltro in cattivo stato di manutenzione), cosicché parte dei dissesti rilevati si verifica proprio in corrispondenza di sentieri e/o di strade vicinali.

In corrispondenza degli impluvi si rileva una modesta quantità di materiali detritico-piroclastici, alterati e dilavati, provenienti dalla normale erosione dei versanti con localizzati smottamenti delle sponde. Tali depositi raggiungono in alcuni punti spessori anche di qualche metro e la loro giacitura è generalmente caotica con materiale piroclastico frammisto a detrito calcareo eterometrico.

Allo sbocco degli impluvi più importanti, caratterizzati nella parte mediana da forma a V marcata e nella parte sommitale da ampie concavità di versante, sono state rilevate forme riconducibili a conoidi detritici che hanno ormai perso la loro individualità, poiché rinsaldati a formare la fascia detritica pedemontana. In tali zone sono state osservate, a seguito di precipitazioni copiose, limitate riattivazioni di fenomeni tipo *flash flood*.

Le concavità di versante menzionate possono essere interpretate come relitti di fenomeni franosi. All'interno di tali forme e negli impluvi sono presenti indizi di riattivazione, marcati da alcune linee di frattura e fenomeni di colamento della coltre piroclastica e detritica. Tutti gli impluvi presenti su tali versanti sono interessati da erosione più o meno accentuata.

Nella porzione del territorio a monte, ove affiorano i depositi carbonatici, sono presenti ampi tratti di versante con erosione areale molto attiva ed incipiente sviluppo di aree in erosione lineare, segnate dalla presenza di solchi (*spacchi*). Tali solchi si originano dall'alto, in maniera tale che i processi di dilavamento hanno portato ad una netta riduzione dello spessore della coltre piroclastica che, per ampie aree, è totalmente assente.

Per quanto riguarda le località Cese e Carmiano, benché non siano stati rilevati fenomeni franosi attivi, è presente, invece, una rilevante copertura piroclastica incombente su versante, localmente molto acclive per la presenza di fronti di cava.

Nel corso dell'evoluzione geomorfologica di tali versanti la coltivazione intensiva ad uliveto od a frutteto, sia per le caratteristiche delle piante sia per le tecniche di sistemazione dei fondi, ha consentito un efficace argine allo sviluppo di fenomeni erosivi areali di elevata intensità. Anche l'erosione concentrata negli impluvi è caratterizzata da bassi livelli di intensità in ragione di alcune sistemazioni idrauliche presenti. Nella zona pedemontana, a ridosso degli insediamenti urbanizzati, sono stati osservati tagli della coltre non protetti da muri ed opere di sostegno adeguate. Tali situazioni possono portare a condizioni di instabilità in ambito locale ove sono presenti tali interventi di modifica del territorio.

La frazione Montedecoro è ubicata alle base del rilievo carbonatico omonimo. Tale rilievo risulta completamente denudato dall'attività erosiva, benché presenti alcune evidenze geomorfologiche di rilievo che si ritiene utile segnalare, visto e considerato che nel censimento IFFI sono stati riportati fenomeni di crollo di massi, sebbene sempre di limitata entità. Si segnala, in particolare, un'intensa erosione carsica prevalentemente ipogea con la formazione, a monte di Via Montagna, di una *sinkhole* (dolina), mentre in Largo Grotte, l'abitato ha invaso due piccole cave calcaree dismesse con fronti verticali o addirittura in contropendenza.

Anche nel centro storico non mancano situazioni di pericolo da crollo di massi calcarei, là dove il tessuto edilizio lambisce le pendici più acclivi del rilievo collinare, segnatamente per le abitazioni a ridosso del Castello e della Torre Artus.

Le evidenze geomorfologiche più significative riscontrate nell'abitato che da Via Pintime si sviluppa fino a via Maddalena, che nel seguito indicheremo con l'antica denominazione di Rione Oliveto, risultano essere i tre impluvi impostati in direzione ortogonale al rilievo carbonatico di Monte S. Michele. Tali impluvi, poco o niente gerarchizzati, sono completamente denudati dall'erosione fluviale nella parte medio-alta, mentre, nella parte bassa, si possono riconoscere ampie conoidi di deiezione. Sono, inoltre, presenti due cave in roccia calcarea, attualmente dismesse.



Il Rione Pescara (così come veniva anticamente denominata l'area che va da via N. Bixio a via Ponte Carolino) non presenta particolari emergenze geomorfologiche. Sono tuttavia presenti diversi dissesti di origine antropica.

In località S.Pietro, ad esempio, come già precedentemente riferito, le pareti pressoché verticali del rilievo calcareo, con locale copertura di detrito di falda, costituiscono una situazione di pericolo per le abitazioni ivi edificate, se non si dovesse provvedere ad un disgaggio dei massi pericolanti.

Ulteriore pericolo con periodico rotolamento di materiale detritico calcareo a valle è costituito dal pietrisco accumulato lungo il versante a monte di via Sambuco a seguito dei lavori eseguiti per la realizzazione di un'opera di captazione delle acque (gallerie) ora in disuso. Tale materiale andrebbe rimosso per eliminare la situazione di pericolo.

Infine, si sono verificate frequenti voragini nell'ambito delle coltri piroclastiche a monte di Via F. Massimo, ciò dovuto allo stato fatiscente dei sottoservizi pubblici.

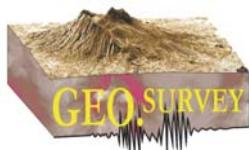
Un discorso a parte è stato riservato per le cave tufacee e calcaree, che sarà affrontato in una sezione specifica del presente lavoro.

Per quanto riguarda il rischio idraulico, come si può evincere dal riportato Stralcio redatto dall'Autorità di bacino competente per territorio, esso è limitato alle sezioni di sbocco dei rari impluvi presenti lungo le pendici dei rilievi. Per la natura litologica dei rilievi, infatti, il coefficiente d'infiltrazione è molto elevato e solo in coincidenza di eventi meteorici eccezionali la portata dei corsi d'acqua diventa apprezzabile.

Tuttavia, anche per eventi pregressi registrati, sono state censite a rischio idraulico, in particolare, le sezioni di sbocco degli impluvi incombenti sul Rione Oliveto e in sinistra e destra idrografica del Rio Carmignano.

#### **d. Attività estrattive**

Il settore di studio è caratterizzato dalla presenza di numerose cave in roccia calcarea. Tra cave dismesse, saggi di cava e cave attive in fase di ricomposizione ambientale si riconoscono più di una decina di siti che interessano indistintamente tutti i rilievi del territorio comunale.



La pericolosità è determinata dai fronti di estrazione, che per il rilascio delle tensioni interne o per l'elevata acclività destano preoccupazione per l'eventuale crollo di blocchi. In alcuni versanti, in particolare in destra orografica del Rio Carmignano, la giacitura degli strati a franapoggio o l'alterazione dei fronti costituiscono condizioni di maggiore instabilità.

In ogni caso, si precisa che, per le cave attive, la competenza sul progetto di coltivazione e ricomposizione ambientale viene demandato alle autorità regionali, mentre, per le cave dismesse, la gestione e la pianificazione del recupero, ai sensi dell'art. 11 O.P.C.M. n. 3100/2000, resta di competenza del relativo Commissariato di Governo per l'Emergenza Bonifiche e tutela delle acque nella Regione Campania.

La medesima normativa deve essere attuata per le cave "a fossa" presenti nell'area di pianura del territorio comunale, aperte, in particolare, nella porzione litoide dell'Ignimbrite Campana con estrazione di blocchi di tufo per l'edilizia.

L'estrazione del tufo, praticata prevalentemente nel secolo scorso ed oggi praticamente abbandonata, è stata oggetto di censimento da parte del Commissario di Governo per l'emergenza rifiuti, bonifiche e tutela delle acque nella Regione Campania, delegato ex O.O.P.C.M. n. 2425/96 e successive, le cui risultanze sono riportate nell'allegata Carta geomorfologica.

La pericolosità dei fronti di cave "a fossa" nel banco tufaceo è legata principalmente alla fessurazione colonnare del deposito con la possibilità di crolli per ribaltamento o taglio al piede del fronte; diversamente si possono verificare fenomeni di subsidenza del piano di campagna là dove, invece, tali cave siano state riempite da materiali di riporto.

Se nelle aree di pianura le aree di estrazione sono state in gran parte censite e cartografate, diversa è la situazione nel centro storico o in aree prossime alle masserie di campagna, dove l'estrazione della pietra tufacea per l'edificazione degli immobili o per la realizzazione di locali ipogei (cantine, ricoveri, ecc.) risulta di difficile ricostruzione per l'obliterazione degli accessi, la frammentazione delle proprietà, la perdita della memoria storica. Per tal motivo, a livello di pianificazione territoriale, non è possibile indagare le singole aree, mentre è doverosa un'attenta cognizione in fase di progettazione definitiva ed esecutiva di interventi edificatori o infrastrutturali.

## 4. Inquadramento idrogeologico

### a. Circolazione idrica generale

L'area d'interesse è caratterizzata da una notevole complessità idrogeologica, connessa alla presenza di differenti successioni sedimentarie e numerose strutture tettoniche. Tale settore presenta un motivo idrogeologico tipico dell'Appennino meridionale con la giustapposizione laterale più che verticale di unità carbonatiche di elevata permeabilità con successioni sedimentarie a scarsa permeabilità.

I termini carbonatici sono spesso sede di un importante deflusso idrico di base che, in corrispondenza del contatto con terreni a permeabilità più bassa, viene a giorno formando grandi sorgenti basali. All'interno dei massicci carbonatici, le variazioni dello schema di circolazione idrica sotterranea sono associabili a locali elementi lito-strutturali, che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque di falda con riduzione della permeabilità intrinseca dell'acquifero. Inoltre, nei settori dove le unità carbonatiche sono in contatto laterale con i depositi continentali quaternari sono possibili importanti travasi idrici sotterranei verso le piane alluvionali, con conseguente alimentazione dei corpi idrici superficiali.

Le principali depressioni morfostrutturali dell'area, come la Piana Campana e la Valle di Maddaloni, sono quindi caratterizzate da una circolazione idrica per falde sovrapposte, che si verifica all'interno dei depositi piroclastici, alluvionali e marini più permeabili che le riempiono. I diversi livelli idrici sono spesso confinati o semiconfinati da litotipi meno permeabili, che, tuttavia, non permettono un reale frazionamento della circolazione idrica sotterranea all'interno dei settori di piana.

### b. Complessi idrogeologici

L'acquifero delle successioni carbonatiche, riconducibile alle originarie unità paleogeografiche di piattaforma che caratterizzano questo settore di catena, rappresenta la principale fonte di approvvigionamento idrico, essendo caratterizzato da un deflusso sotterraneo medio particolarmente elevato. Gli acquiferi calcarei, in particolare, sono caratterizzati da diffuse fenomenologie carsiche, sia epigee che ipogee, che spesso interagiscono direttamente con le sorgenti determinando regimi idrogeologici delle stesse estremamente variabili.



Sono contraddistinti da una grande falda di base, piuttosto profonda, e da una serie di falde sospese di modesta importanza, poste nella porzione più superficiale e carsificata dell'acquifero. Localmente, infine, sono presenti piccole falde sospese al di sopra dei livelli stratigrafici con permeabilità più bassa, come in corrispondenza di fasce cataclastiche di particolare rilevanza.

Gli acquiferi della Piana sono, invece, formati quasi esclusivamente da prodotti vulcanici connessi all'attività eruttiva plio-quatemaria dei principali distretti vulcanici della Campania. Nonostante la notevole complessità idrogeologica, tali acquiferi risultano molto importanti per l'elevato valore economico delle acque sotterranee, spesso contraddistinte da pregiate proprietà organolettiche.

I depositi piroclastici includono materiali fortemente eterogenei dal punto di vista litologico e tessiturale e, pertanto, presentano delle proprietà idrauliche estremamente variabili da zona a zona. I terreni più grossolani, rappresentati da bombe, blocchi, scorie e pomice, formano generalmente lenti o strati con elevata permeabilità e porosità. I terreni più fini invece, costituiti da ceneri e lapilli, presentano una porosità primaria variabile in funzione del grado di litificazione ed una porosità secondaria mediamente piuttosto elevata ma poco significativa dal punto di vista idraulico in quanto rappresentata da vuoti intergranulari non intercomunicanti.

Spesso, all'interno di un deposito da flusso si registra un aumento del grado di litificazione in corrispondenza della parte intermedia del litosoma, dove i fenomeni di raffreddamento sono stati più lenti. Talora, pur avendosi in questi casi una porosità primaria sensibilmente minore delle altre porzioni del deposito, si registra un marcato incremento di conducibilità idraulica dovuta ad un maggior grado di fessurazione dei materiali.

Il complesso delle piroclastiti pre-ignimbritiche, costituito da decine di metri di piroclastiti sciolte prevalentemente sabbiose, più grossolane, costituisce l'acquifero principale delle zone pianeggianti, consentendo l'accumulo di più falde acquifere sovrapposte in corrispondenza dei livelli a permeabilità media racchiusi nei livelli a permeabilità inferiore, con generale deflusso verso la costa tirrenica.



### **c. Idrodinamica degli acquiferi**

La Piana Campana è quindi caratterizzata dalla presenza di due falde sovrapposte, contenute all'interno degli orizzonti piroclastici e separate da un livello impermeabile riferibile alla porzione tufacea del cosiddetto Tufo Grigio Campano.

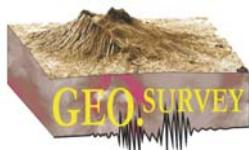
La falda superficiale posta al di sopra dell'orizzonte tufaceo impermeabile presenta un carattere freatico, con una superficie piezometrica relativamente prossima al p.C.

La falda profonda, presente generalmente al di sotto del banco di tufo, invece, risulta chiaramente in pressione e presenta una superficie piezometrica posta leggermente al di sopra di quella relativa alla falda più superficiale. Pertanto, nello schema di circolazione idrica dell'area la formazione ignimbritica del Tufo Grigio Campano rappresenta un livello impermeabile relativo, rispetto ai depositi piroclastici, in quanto limita, ma non impedisce completamente la comunicazione tra le due falde. In condizioni di equilibrio idrogeologico naturale, la falda profonda alimenta quella superficiale attraverso flussi di drenaggio diretti dal basso verso l'alto, come evidenziato dalla risalita del livello idrico nei pozzi che superano il banco tufaceo.

L'assetto piezometrico della falda profonda rivela una generale alimentazione da NE con significativi travasi sotterranei dalle dorsali carbonatiche dei Monti di Durazzano e di Caserta, a testimonianza che i lineamenti tettonici (faglie bordiere) che le hanno dislocate non hanno determinato una barriera impermeabile per il passaggio delle acque sotterranee; in tale area il deflusso sotterraneo va ad alimentare, dunque, le falde profonde della Piana Campana e della Valle di Suessola, da cui vengono prelevati significativi volumi idrici in corrispondenza del campo pozzi di Ponte Tavano.

### **d. Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento**

In generale, gli acquiferi carbonatici presentano una vulnerabilità medio-alta all'inquinamento derivante da un coefficiente di infiltrazione delle acque molto elevato, dovuta all'elevata fessurazione del massiccio per gli eventi tettonici subiti ed all'intensa azione erosiva operata dal carsismo. Tuttavia, per l'elevata soggiacenza della falda di base e per la scarsa pressione antropica nelle aree collinari, la qualità

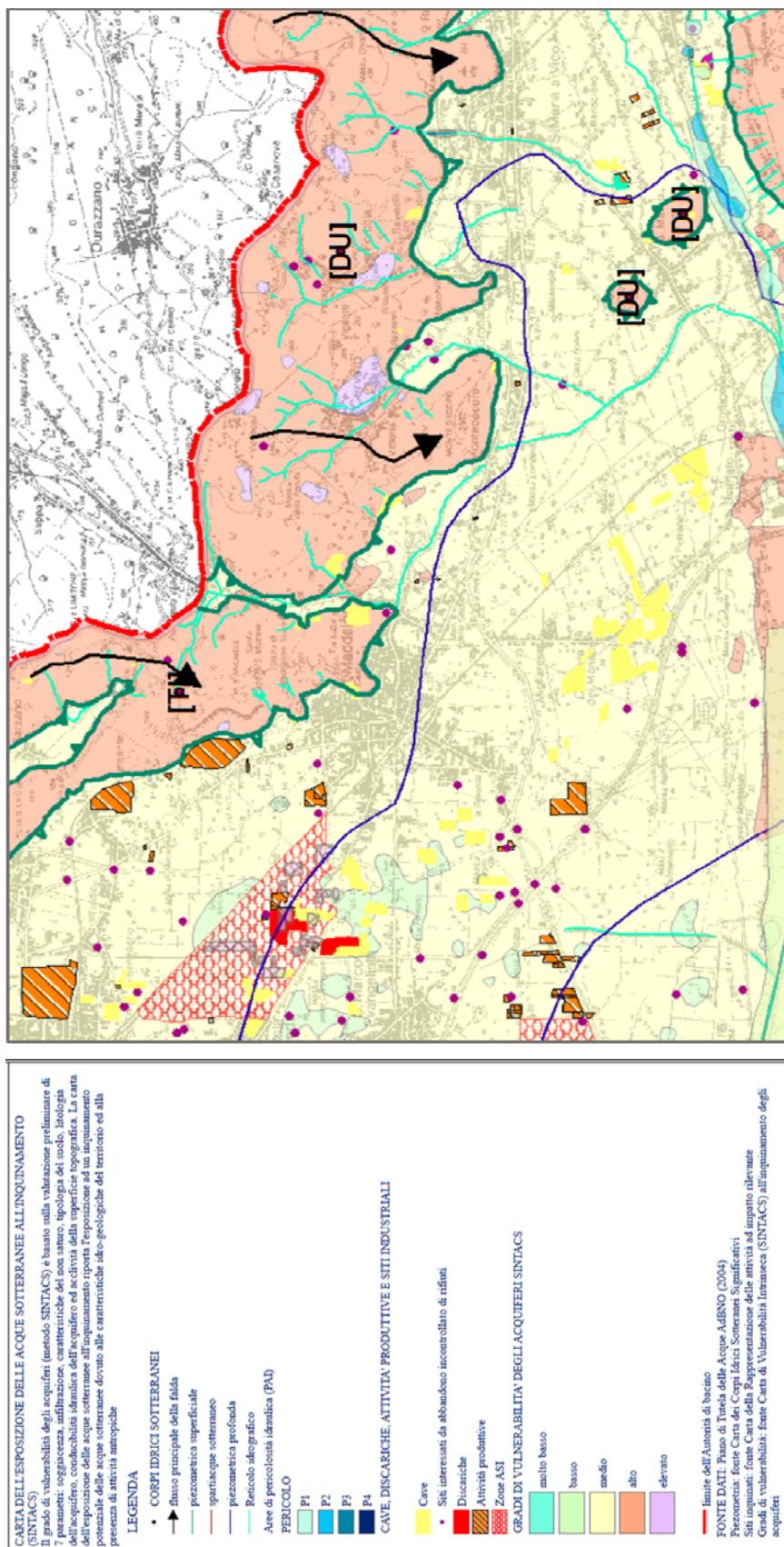


delle acque può ritenersi sostanzialmente soddisfacente, benché presenti per la natura dell'acquifero una durezza molto elevata.

L'acquifero superficiale della Piana Campana presenta, invece, una vulnerabilità all'inquinamento variabile da media a molto alta. Infatti, il grado di vulnerabilità cresce notevolmente procedendo verso la porzione centrale della piana, dove si assiste ad una diminuzione della soggiacenza e a un decremento delle pendenze topografiche.

La falda superficiale è quindi particolarmente esposta agli sversamenti di sostanze inquinanti dalla superficie, soprattutto nei settori di territorio caratterizzati da depositi vulcanoclastici molto permeabili e da un livello piezometrico con soggiacenza inferiore ai 10m. La falda profonda della Piana, invece, presenta un grado di vulnerabilità variabile da molto basso a medio, in quanto fortemente influenzato dall'elevata soggiacenza del livello piezometrico e dagli orizzonti poco permeabili presenti al tetto. Un grado di vulnerabilità medio si registra in presenza di una falda confinata o semi-confinata da banchi di tufo con spessore compreso tra 5 e 10 m e soggiacenza della base del tetto dell'acquifero compresa tra 20 e 30 m. Un grado di vulnerabilità basso o molto basso, invece, si ha in presenza di una falda confinata da banchi di tufo con potenza compresa tra 10 e 50 m e con soggiacenza del tetto dell'acquifero superiore a 30 m.

Ad eccezione di alcuni settori, l'acquifero principale della Piana Campana risulta quindi naturalmente dotato di una discreta protezione all'inquinamento. Malgrado ciò, in tutta l'area si rileva un diffuso degrado nella qualità delle acque sotterranee, prevalentemente a causa dei numerosi pozzi disperdenti, del cattivo condizionamento delle perforazioni e della diffusa presenza di attività estrattive per il reperimento di materiali da costruzione. Un ulteriore elemento di disturbo è rappresentato dai numerosi sversamenti illegali effettuati in taluni settori, che hanno provocato un marcato ed evidente inquinamento delle acque sotterranee della falda principale. Tali fattori di disturbo hanno pertanto reso inefficace la naturale protezione dell'acquifero, consentendo un trasferimento più agevole ed immediato degli inquinanti alle acque sotterranee.



**Fig. 8 Carta dell'esposizione delle acque sotterranee all'inquinamento (metodo SINTACS) dal Piano di Tutela delle Acque ex Autorità di Bacino Nordoccidentale**

## e. Reticolo idrografico

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, esso è rappresentato da alvei torrentizi, a portata assente o effimera, allineati secondo le linee di massima pendenza, talvolta condizionati nel loro decorso da lineamenti tettonici.

Un unico bacino idrografico significativo è riconducibile all'ampio sistema del Lagno del Carmignano, tributario del Canale dei Regi Lagni. Lo spartiacque coincide con le creste dei rilievi di Monte S. Michele, Torre Paoli, Monte Decoro a N.

Le caratteristiche del reticolo idrografico, in termini geomorfici quantitativi, sono quelle tipiche dei bacini dell'Appennino meridionale impostati su rocce carbonatiche; al fine di una valutazione complessiva del trasporto solido totale, si può ritenere irrigorio, considerate le caratteristiche litologiche, morfometriche ed idrogeologiche del bacino in esame, il contributo al trasporto solido totale da parte del trascinamento sul fondo, mentre cospicuo può essere il contributo del trasporto in soluzione e, ancor più del trasporto in sospensione (o trasporto torbido).

I dati relativi al trasporto torbido possono essere determinati in termini di portata torbida (in kg/s), di deflusso torbido (in tonn/a), di turbidità specifica (in kg/m<sup>3</sup>) e di deflusso torbido unitario (in tonn/km<sup>2</sup>).

Quest'ultimo rappresenta la quantità di materiale trasportata in sospensione per unità di superficie del bacino e, in termini di deflusso torbido unitario medio annuo (Tu), può fornire utili indicazioni sul grado di erodibilità delle rocce affioranti ed, essendo riferito all'unità di superficie, può permettere di fare dei confronti anche per bacini idrografici di modesta estensione, come nel caso in esame.

Sui valori del deflusso torbido unitario medio annuo influiscono diversi fattori: in particolare le condizioni climatiche ed i parametri morfometrici del bacino, per cui sono state ricavate delle relazioni, sia semplici sia multiple, che legassero i valori di Tu agli indici climatici e geomorfici più significativi.

Le rette rappresentative delle regressioni multiple individuate, tarate su bacini di prova con stazioni di misura torbiometriche, hanno fornito coefficienti di determinazione molto soddisfacenti in particolare per i legami tra il deflusso torbido unitario medio annuo (Tu) con la densità di drenaggio (D) e con il gradiente di pendio ( $\theta$ ). La densità di drenaggio (D), definita da Horton (1945), è il rapporto tra la

lunghezza delle aste fluviali di un bacino e l'area di quest'ultimo. Tale parametro è particolarmente significativo, in quanto rappresentativo, non solo delle condizioni meteoclimatiche di una regione, ma anche della permeabilità ed erodibilità dei terreni affioranti. Il gradiente di pendio ( $\theta$ ) dei canali fluviali, definito anch'esso da Horton, è il rapporto tra il dislivello dei punti estremi e la lunghezza lineare di ogni segmento fluviale, rappresentando, in tal modo, una valutazione indiretta della velocità e dell'energia che le acque fluviali possiedono in dipendenza dei dislivelli e delle lunghezze dei canali in cui scorrono. Questo parametro è particolarmente necessario, rispetto, per esempio, alle relazioni che contengono gli indici di gerarchizzazione del bacino, quando si vogliano ottenere informazioni su aree limitate, non identificabili con interi bacini di drenaggio.

Le equazioni che legano il trasporto torbido alla densità di drenaggio ed al gradiente medio di pendio dei segmenti fluviali risultano del tipo:

$$(1) \log Tu = 0,32474 D + 0,00794 q + 1,43206 \text{ con } r^2 = 0,96834;$$

$$(2) \log Tu = 2,74540 \log D + 0,00639 q + 1,15548 \text{ con } r^2 = 0,95353.$$

La scelta tra la relazione di tipo semilogaritmico e quella di tipo logaritmico è legata al valore della densità di drenaggio; i valori di dette relazioni, infatti, sono pressoché identici per valori di  $D < 6$ , mentre, al di sopra di tale limite, sono più attendibili le informazioni fornite dalle regressioni logaritmiche.

Dall'analisi quantitativa dei dati relativi al Rio Carmignano e sulla scorta delle argomentazioni testé riportate, il deflusso torbido può essere valutato nell'ordine di  $Tu \approx 200 \text{ tonn}/\text{km}^2 \cdot \text{anno}$ .

## 5. Inquadramento tettonico – strutturale e storia sismica

### a. Inquadramento tettonico-strutturale

L'area in esame, come riferito, ricade ai margini di un settore della catena appenninica, caratterizzato dalla presenza di massicci carbonatici e costituito da dorsali di natura perlopiù calcarea che decorrono lungo la direttrice NW-SE.

L'intero settore ha subito, durante il Plio-Quaternario, intensi movimenti di sollevamento per l'azione di faglie dirette che bordano a NE un'ampia depressione strutturale, denominata Piana Campana.

Gli alti strutturali calcarei, di età giurassica e cretacica e dal caratteristico assetto monoclinalico, sono qui costituiti dai Monti di Caserta e di Durazzano, mentre le depressioni strutturali (graben), originate dal generale sollevamento della catena appenninica, sono state colmate da depositi marini, lagunari, alluvionali e, infine, vulcanici; questi ultimi, risalenti al Pleistocene ed all'Olocene, costituiscono i depositi più diffusi nelle aree pianeggianti, obliterando in gran parte i lineamenti tettonici sepolti, in particolare le faglie normali bordiere.

### **b. Storia sismica**

Il territorio è ancora oggi interessato da fenomeni sismici dovuti al rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, da circa 0,7 Ma, sta interessando l'Appennino meridionale e, in particolare, l'Appennino campano. Diverse, infatti, sono le zone sismogenetiche attive lungo la dorsale appenninica, che determinano, riattivandosi periodicamente, la pericolosità sismica dell'area.

Nello specifico l'area del Comune di Maddaloni ha subito effetti alquanto limitati per la sua posizione geografica rispetto alle aree epicentrali.

Dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPT15 – DBMI15) è, comunque, possibile estrapolare dati significativi della sismicità locale con riferimento ai terremoti più violenti che hanno colpito questo settore dell'Appennino meridionale:

- **1456** *La collocazione dell'epicentro risulta essere problematica a causa della particolare distribuzione delle aree di massima intensità. Si Possono individuare cinque zone principali caratterizzate da una intensità del X grado, il che presuppone una convergenza di effetti dovuti a diversi shocks oppure si tratta di una sorgente complessa come indicherebbero studi più recenti. Si ipotizza che l'epicentro più rappresentativo può essere fissato ad alcuni km a NE di Boiano.*
- **1688** *Questo episodio ha particolarmente colpito i centri abitati del versante SW dei Monti del Matese, l'area vicino Benevento, lungo la valle del Calore, e l'Irpinia, lungo le valli dell'Ufita e del Calore causando gravi danni. L'epicentro macroseismico è ubicato in prossimità di Cerreto Sannita corrispondente all'area del XI grado.*

- **1805** Ancora una volta è l'area molisana dei Monti del Matese ad essere colpita con un asse principale NW-SE; la zona epicentrale presenta un'intensità del X grado MCS in una fascia che va da Isernia all'alto beneventano.
- **1930** La zona epicentrale di intensità del X grado MCS si estende per un'area ampia con asse maggiore di 34 km parallelamente all'Appennino. L'andamento delle isosiste non rivela irregolarità significative.
- **1980** Dalla mappa delle isosiste si osserva che l'area epicentrale presenta sia zone con elevata attenuazione coincidenti con l'area vesuviana e con l'alta valle del fiume Calore, che un allungamento anomalo delle isosiste verso la penisola sorrentina ed il Cilento. Per questo evento sismico tali caratteristiche, che nel caso delle due aree di attenuazione hanno riportato valori di intensità anche di due gradi inferiori, sono legate in generale alla natura della crosta al di sotto della zona interessata, mentre variazioni di intensità a scala locale sono associabili alla natura delle rocce più prossime alla superficie topografica. Il terremoto ha avuto magnitudo 6.9 ed è stato generato, come detto, da un regime tettonico distensivo che produce estensione e rilassamento in senso ortogonale alla faglia. A partire dall'ipocentro (profondità 12/14 km) la rottura si è propagata lungo il piano di faglia, che è risultato di quattro frammenti per un totale di circa 50 km. Per ognuno di questi frammenti, lo scorrimento in profondità si è manifestato in superficie con una scarpata di faglia il cui rigetto arriva anche ad un metro.

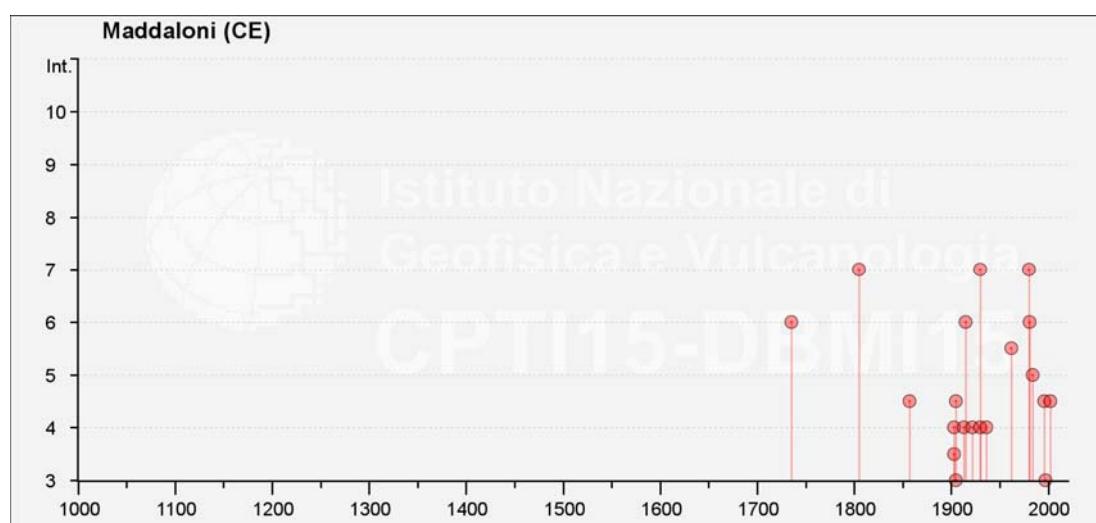
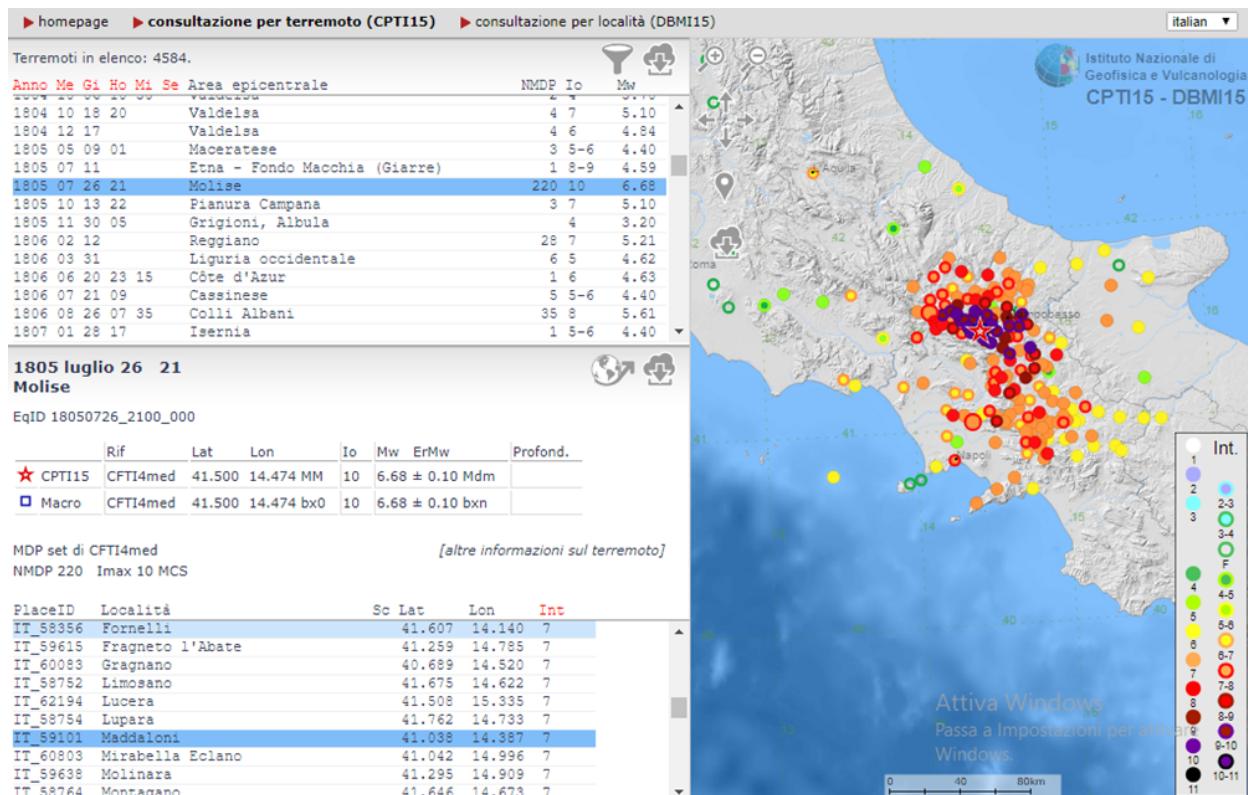
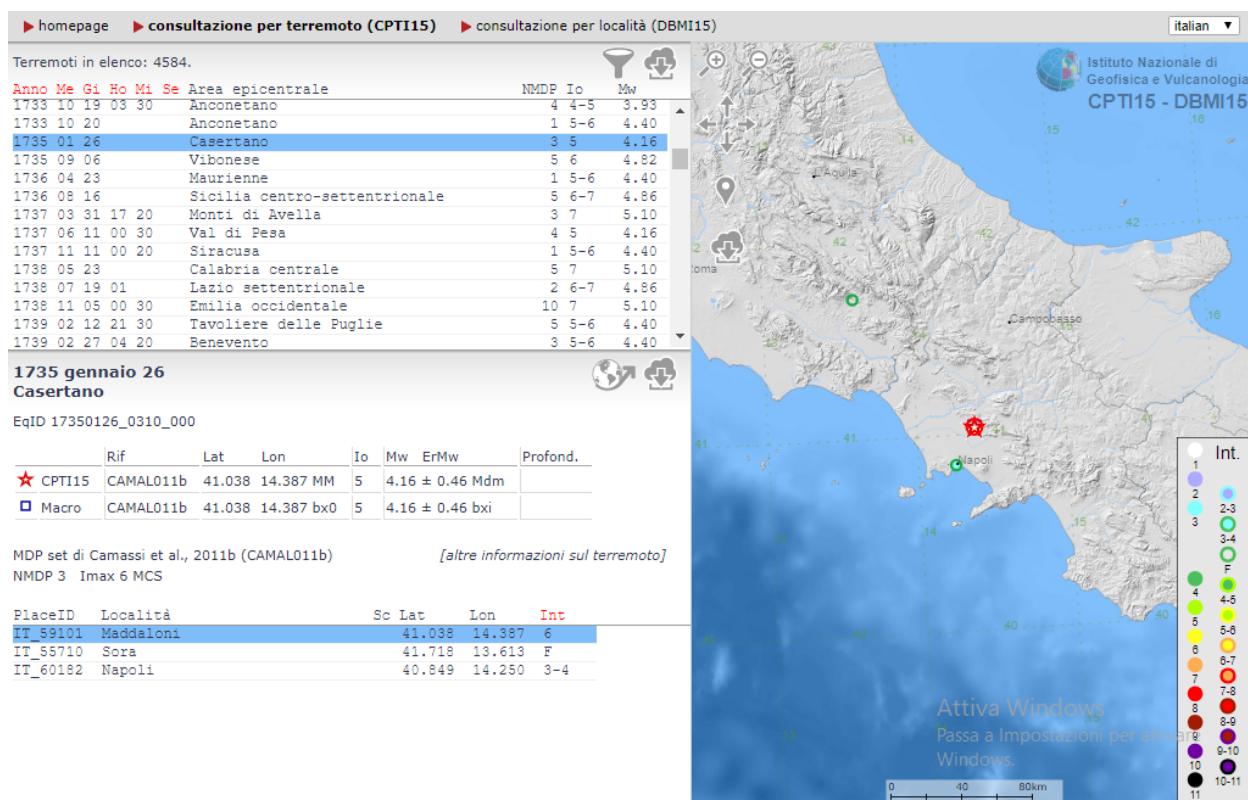
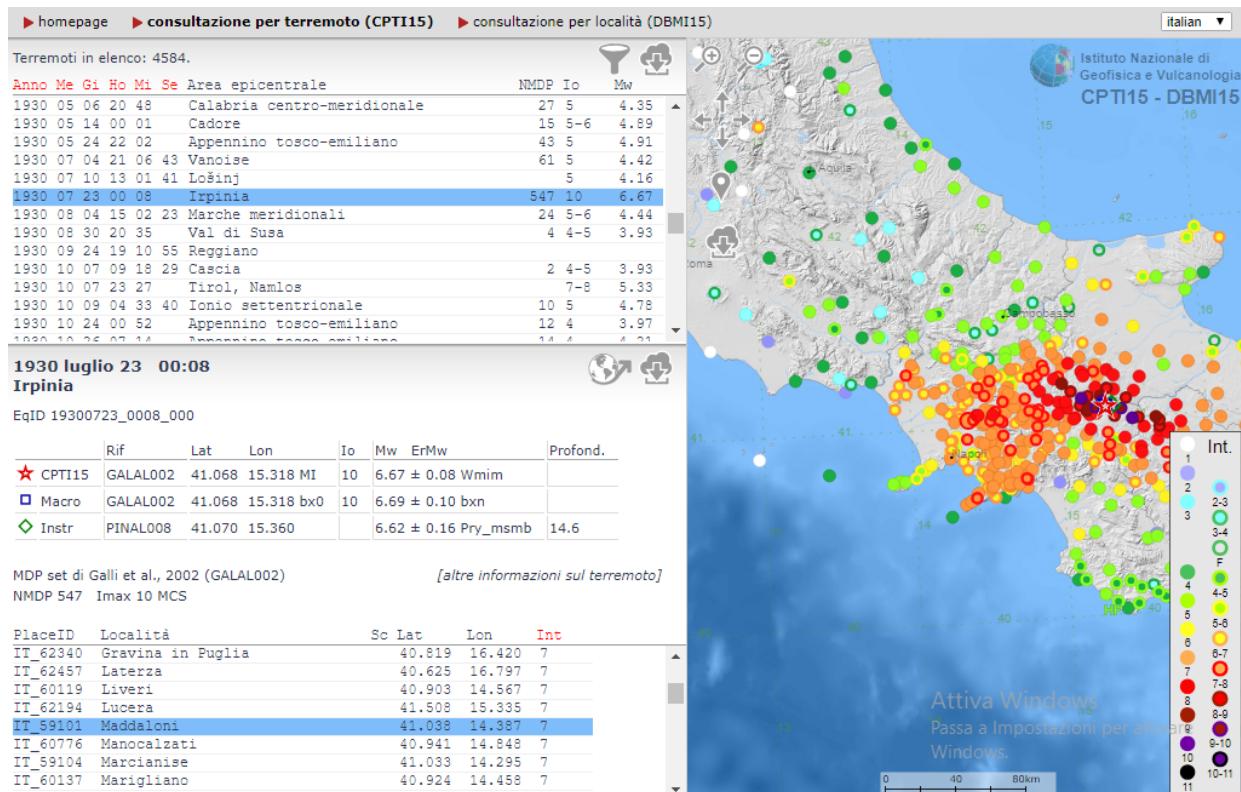
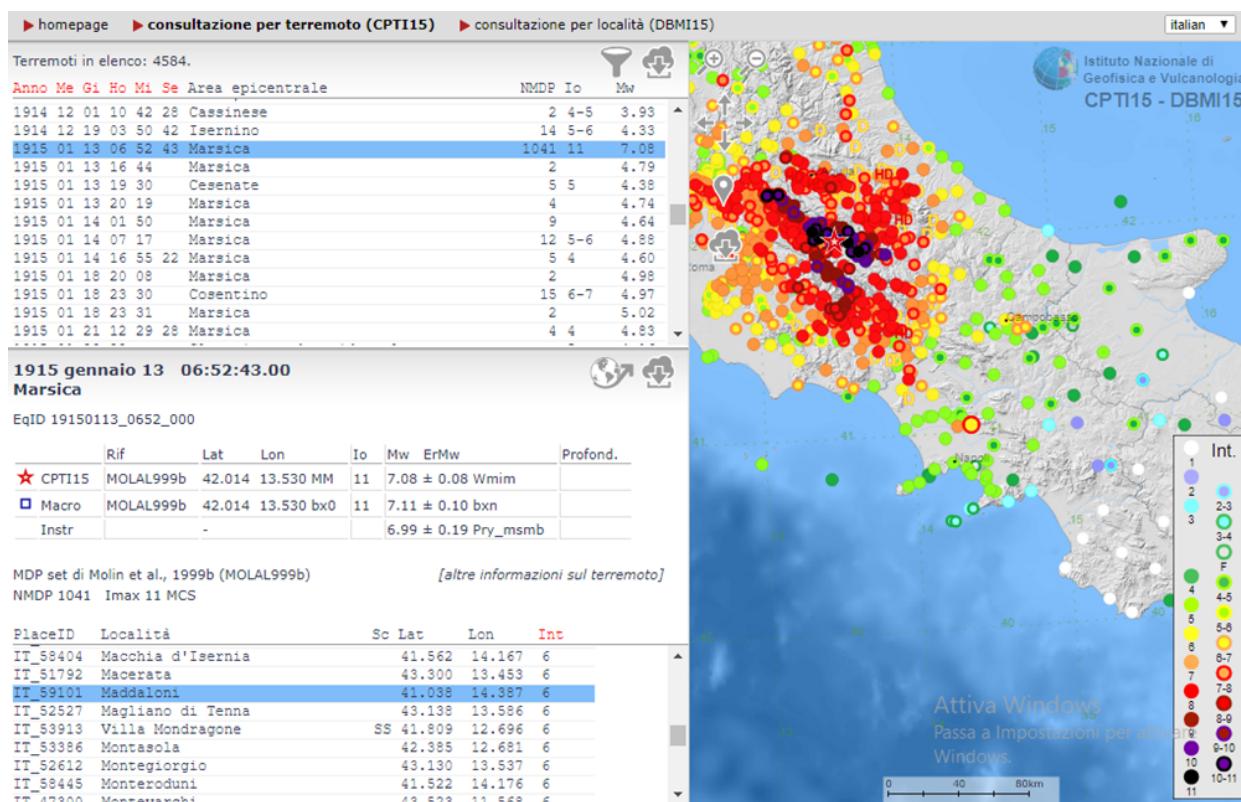


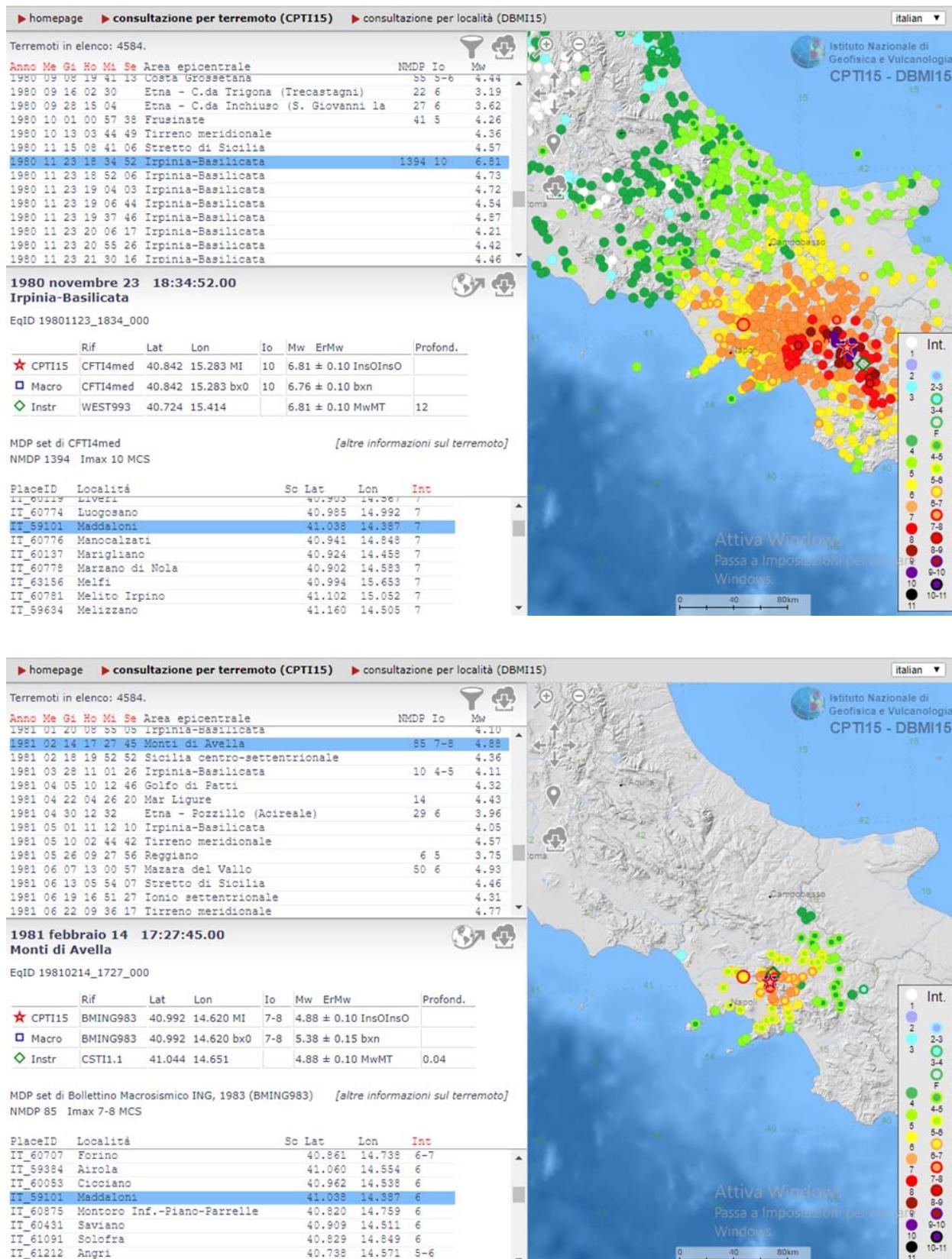
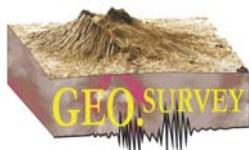
Fig. 9 Catalogo parametrico dei terremoti per la città di Maddaloni (DBMI15)





Geologia tecnica  
ed ambientale  
Cartografia tematica





Figg. 10-15 Catalogo parametrico DBMI15 dei terremoti significativi con epicentro e località



File downloaded from CPTI15 - DBMI15

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macroscismico Italiano 2015

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Seismic history of Maddaloni  
PlaceID IT\_59101  
Coordinates (lat, lon) 41.038, 14.387  
Municipality (ISTAT 2015) Maddaloni  
Province Caserta  
Region Campania  
No. of reported earthquakes 29

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
NC	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7,06
6	1735 01 26	Casertano	3	5	4,16
7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6,68
4-5	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7,12
F	1901 07 31 10 38 30.00	Sorano	76	7	5,16
3-4	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4,69
4	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5	4,14
4-5	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4,9
3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5,18
F	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
4	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
6	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
4	1922 12 29 12 22 06.00	Val Roveto	119	6-7	5,24
4	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7	4,98
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
4	1936 04 03 18 42	Valle Caudina	10	5-6	4,25
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5,04
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
NF	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4,37
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
6	1981 02 14 17 27 45.00	Monti di Avella	85	7-8	4,88
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
3	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4,52
NF	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5,26
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5,72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4,44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4,53

La massima intensità macroscismica rilevata per il Comune di Maddaloni riferita alla storia sismica è quindi pari ad un grado VII-VIII della scala MCS, cosicché il Comune di Maddaloni (CE) è stato dichiarato sismico con D. M. 07.03.1981, mentre, con Deliberazione n° 5447 del 07.11.2002 della G. R. della Campania, veniva inserito in zona sismica 2 della Mappa sismica regionale.



Fig. 16 Catalogo delle faglie capaci dal database ITHACA

In base, poi, all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003, nell'allegato A "Classificazione sismica dei Comuni italiani", il Comune di Maddaloni (CE) è stato riportato in zona 2 ovvero fra i Comuni con accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico  $a_g/g = 0,25$ .

La storia sismica riportata testimonia di una pericolosità sismica derivante principalmente dalle strutture sismogenetiche in asse di catena appenninica piuttosto che dalle faglie bordiere riportate in figura 16, rispetto alle quali la distanza epicentrale è senz'altro minore, ma che sprigionano valori di Magnitudo sensibilmente più bassi. A titolo di esempio il terremoto del 26/1/1735, probabilmente legato alla riattivazione di esse, ha avuto una Magnitudo Mw pari a 4,16 con Intensità pari a 6; più di recente, nel gennaio 1983, due terremoti localizzati nella Valle Caudina, hanno avuto una Magnitudo Mw ancora inferiore pari a 3,7.



## Approccio metodologico

### **6. Finalità geologiche ed elaborati richiesti per il P.U.C.**

La legge 16/2004 persegue come obiettivi specifici:

- un uso razionale del territorio mediante il minimo consumo di suolo;
- la salvaguardia e la sicurezza degli insediamenti urbani dai fattori di rischio idrogeologico e sismico;
- la valorizzazione delle risorse paesistico-ambientali, la conservazione degli ecosistemi, la riqualificazione ed il recupero dei siti compromessi.

È, quindi, fondamentale per una corretta pianificazione assicurare la piena compatibilità delle previsioni contenute nel P.U.C. rispetto all'assetto geologico e geomorfologico del territorio comunale. Affinché, dunque, vi sia piena aderenza tra la realtà geologica e le sue dinamiche con l'impianto antropico o da antropizzare, l'analisi territoriale è preliminare rispetto alle nuove proposte di sviluppo urbano.

A tal uopo, nelle direttive della L.R. 16/04 si indicano tra gli elaborati tecnici da produrre *“Le indagini e le rappresentazioni cartografiche riguardanti le caratteristiche geomorfologiche del territorio, la consistenza ed i regimi di utilizzazione delle acque fluenti e della falda, lo sfruttamento esistente di cave e miniere, lo studio geologico-geotecnico prescritto dal D.M. 11.03.1988 ... nonché i risultati delle indagini geognostiche e le carte prescritte dagli artt. 11 e 12 della L.R. 9/83”*.

In questa fase conoscitiva, l'incarico ha, pertanto, previsto la redazione dei seguenti elaborati cartografici:

- Tavola n. 1: Carta geologica;
- Tavola n. 2: Carta geomorfologica;
- Tavola n. 3: Carta idrogeologica;
- Tavola n. 4: Carta della zonizzazione sismica (Categorie di sottosuolo);
- Tavola n. 5: Carta della zonizzazione sismica (Analisi spettrale);
- Tavola n. 6: Carta ubicazione dei sondaggi, delle prove geofisiche e tracce delle sezioni geologiche;
- Tavola n. 7: Carta della zonizzazione sismica (MOPS).

## 7. Metodologia di indagine

### a. Fasi di studio

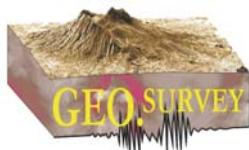
Il presente studio è stato articolato in più fasi:

1. la prima fase è consistita nella raccolta di informazioni relative alla geologia, geomorfologia, idrogeologia, sismicità dell'area di studio, attingendo sia da fonti locali sia dalla letteratura tecnico-scientifica esistente, nonché dai lavori recenti fatti eseguire dai redattori o dall'Amministrazione comunale; è stata posta particolare attenzione al Piano Regolatore Generale ed alle Carte del Rischio del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico per valutare i fattori di rischio al fine di una corretta valutazione degli interventi;
2. durante la seconda fase è stata programmata e condotta una campagna di indagini che, sulla scorta delle analisi citate al punto precedente, fornisce un ulteriore dettaglio conoscitivo o confermasse le criticità evidenziate dagli studi precedenti o dal rilevamento geologico effettuato sul territorio;
3. lo studio e i rilievi eseguiti sono stati indispensabile sussidio per redigere le carte tematiche previste dalla normativa, per determinare le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo e per individuare, in particolare negli elaborati Carta geomorfologica e Carta di Zonizzazione del territorio in prospettiva sismica, i fattori di rischio presenti sul territorio comunale.

In definitiva, si è inteso fornire con il presente elaborato ai progettisti del PUC ed all'Amministrazione comunale uno strumento di valutazione oggettiva relativo alle cautele da adottare nell'uso attuale del territorio e nelle sue trasformazioni future, e riguardo alla fattibilità delle azioni e degli interventi previsti o prevedibili nell'ambito dell'attività di pianificazione dell'Ente locale.

### b. Piano di indagini

Il piano di indagini di cui al punto 2. è stato definito in relazione all'estensione del territorio e dei dati disponibili, cosicché, in riferimento allo specifico obiettivo della ricerca, esso è stato così articolato:



- esecuzione di n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino ad una profondità di 30,0 m dal piano campagna;
- esecuzione di n. 11 prove SPT in foro;
- prelievo di n. 11 campioni di terre in foro, sottoposti successivamente a prove di laboratorio (analisi granulometriche, caratteristiche fisiche generali, prove di taglio diretto) + 1 carota di tufo (S. E C1);
- esecuzione di n. 6 prospezioni sismiche tipo down-hole, eseguite nei fori di sondaggio opportunamente condizionati con tubi in PVC cementati;
- esecuzione di n. 6 indagini di microtremori HVSR in corrispondenza dei siti di insediamenti edilizi.

Non sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche pesanti, né indagini di sismica in superficie tipo MASW/RE.MI., dal momento che la pluridecennale attività dei redattori della presente relazione sul territorio comunale avrebbe comportato un inutile aggravio di spesa per l'amministrazione dato l'enorme numero di indagini già in possesso da precedenti campagne di indagini. In allegato alla presente relazione di dette indagini sono state riportate solo quelle ritenute più significative al fine di ricostruire attendibili modelli geologici del sottosuolo.

Tutte le indagini sono state ubicate su aerofotogrammetria fornita dall'ente, sia quelle eseguite per lo specifico lavoro sia quelle precedentemente eseguite dalla committenza o dai redattori e ritenute significative ai fini del presente studio, che, negli allegati, vengono riportate in copia conforme agli originali,

### c. Sondaggi stratigrafici

I **sondaggi c.c.** sono stati eseguiti dalla I.GEO. s.a.s. di Pastorano, ditta in possesso di Certificazione di Qualità alla esecuzione di lavori pubblici n° 1071TQS emesso dalla Eurocert s.r.l.

Per l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo sono state utilizzate tre perforatrici (TEREDO DC 100, TEREDO MN 900 e CMV MK 420). Il metodo di perforazione utilizzato è stato quello del carotaggio continuo. Esso consiste nell'esercitare un'azione di taglio nel terreno da parte dell'utensile di sondaggio che è



rappresentato da un carotiere del diametro di 101 mm e lunghezza 3 m munito di una corona dentata con WIDIA.

Il metodo di avanzamento utilizzato è stato di tipo idraulico ed il carotiere di cui sopra di tipo semplice, cioè ad una sola parete. Per la parte iniziale dei fori, è stato utilizzato un rivestimento provvisorio onde evitare che il foro si richiudesse.

Durante la perforazione è stata utilizzata pochissima acqua, quella cioè sufficiente a raffreddare la corona dentata sopra menzionata. Ogni volta che il carotiere si riempiva è stato portato in superficie e, mediante apposita pompa scarotatrice, si è provveduto all'estrazione delle carote e alla sistemazione delle stesse in apposite cassette catalogatrici in PVC.

Nel corso dei carotaggi sono stati prelevati campioni indisturbati a varie quote per le successive analisi di laboratorio. Il campionamento è avvenuto infiggendo a fondo foro e alle profondità previste una fustella a pareti sottili del diametro di 80 mm, in acciaio per una profondità di 50 cm o, comunque, fino allo sforzo massimo consentito dalla perforatrice. Le fustelle contenenti in questo modo i terreni indisturbati sono state portate in superficie ed immediatamente si è provveduto alla sigillatura con uso di paraffina. Nel corso dei carotaggi sono state eseguite anche delle prove di penetrazione, meglio dette Standard Penetration Test.

Tale prova consiste nell'infiggere nel terreno, a fondo foro e alle profondità prestabilite, una punta aperta tipo Raymond per tre tratti consecutivi di 15 cm, annotando e riportando in stratigrafia i numeri di colpi occorrenti per l'infissione della punta per ogni tratto. La prova è considerata conclusa se per ogni tratto viene superato il valore di 50 colpi. L'energia utile all'infissione della punta viene fornita da un maglio a caduta libera, mediante apposito dispositivo di aggancio-sgancio del peso di 63,5 kg con corsa di 76 mm. Tale maglio batte direttamente su di una testa di raccordo del peso di 15 kg direttamente avvitata sulle aste di manovra del diametro di 51 mm.

Di seguito vengono riportate le denominazioni e ubicazioni dei sondaggi:



### Sondaggio A

Data: 19/11/2018

Ubicazione: E 14° 20' 53.60" – N 41° 01' 08.50" – Località: San Fede

### Sondaggio B

Data: 20/11/2018

Ubicazione: E 14° 23' 43.00" – N 41° 02' 49.00" – Località: Maddaloni Superiore

### Sondaggio C

Data: 21/11/2018

Ubicazione: E 14° 24' 29.10" – N 41° 01' 52.00" – Località: Lazzaretto

### Sondaggio D

Data: 21/11/2018

Ubicazione: E 14° 22' 30.00" – N 41° 03' 11.00" – Località: S. Eustacchio

### Sondaggio E

Data: 22/11/2018

Ubicazione: E 14° 26' 10.00" – N 41° 01' 11.40" – Località: Mastrilli

### Sondaggio F

Data: 22/11/2018

Ubicazione: E 14° 25' 06.80" – N 41° 00' 40.25" – Località: Pioppolungo

## **d. Prove penetrometriche**

Le prove riportate sono state effettuate tutte mediante penetrometro PAGANI Tg 63-200, usato in modalità dinamica **DPSH** ed avente le seguenti caratteristiche:

- peso massa battente: 63.5 kg;
- altezza caduta libera: 0.75 m;
- diametro punta conica: 51.0 mm;
- area base punta conica: 20.43 cm<sup>2</sup>;
- angolo apertura punta : 90°;
- lunghezza delle aste: 100 cm;
- peso aste per metro: 6.31 kg
- avanzamento punta: 30 cm.



Nel corso delle prove vengono rilevati, per ogni 20 cm di avanzamento delle aste, il numero dei colpi necessari per l'infissione della punta conica. I valori registrati vengono riportati in un diagramma profondità/numero di colpi.

Mediante correlazioni empiriche dai colpi registrati sono state ricavate le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati.

Di seguito vengono riportate le ubicazioni delle prove penetrometriche riportate nella Carta delle indagini:

- |                                   |           |                                |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------|
| 1. E 14° 25' 34" - N 41° 01' 38"  | Mt. 08,00 | Località: Ponte Grotta         |
| 2. E 14° 23' 32" - N 41° 00' 44"  | Mt. 07,40 | Località: Calabrito            |
| 3. E 14° 23' 40" - N 41° 01' 26"  | Mt. 06,60 | Località: Via Forche Caudine   |
| 4. E 14° 24' 56" - N 41° 01' 41"  | Mt. 15,00 | Località: Carmignano           |
| 5. E 14° 22' 25" - N 41° 02' 36"  | Mt. 12,00 | Località: S. Eustachio         |
| 6. E 14° 21' 33" - N 41° 01' 17"  | Mt. 04,40 | Località: Vicinale Galitta     |
| 7. E 14° 24' 34" - N 41° 01' 39"  | Mt. 10,20 | Località: Pioppolungo          |
| 8. E 14° 23' 22" - N 41° 02' 23"  | Mt. 18,40 | Località: Via S. Antonio Abate |
| 9. E 14° 23' 14" - N 41° 02' 10"  | Mt. 15,00 | Località: Via Montano          |
| 10. E 14° 22' 59" - N 41° 02' 19" | Mt. 20,00 | Località: Corso I ottobre      |

#### e. Indagini geofisiche

Le indagini sismiche in foro, tipo **Down-Hole**, sono state eseguite nei fori di sondaggio denominati SA, SB, SC, SD, SE, SF, opportunamente condizionati con tubi in PVC ø 80 mm; la lunghezza delle investigazioni è stata di 30 m.

Le prove sono state realizzate utilizzando una sonda da foro, modello SS-BH a 5 assi della SARA electronics s.r.l. di Perugia, e con l'ausilio di un'interfaccia DoReMi master e software dedicato; la sonda, costituita da cinque geofoni, di cui uno verticale per la registrazione delle onde P e quattro geofoni orizzontali, disposti a 45 gradi fra di loro, atti a registrare le onde S, è stata calata sul fondo del foro per eseguire la prova in modalità down-top. Le energizzazioni, situate in superficie ad una distanza di 2,0 m dal boccaforo, sono state eseguite con una mazza da 5 kg sia su piattello di battuta, in modo da ottenere onde sul piano verticale (onde P), sia su traversina in legno, in modo da ottenere onde sul piano orizzontale (onde S).



I risultati di campagna, e la loro interpretazione in chiave sismica, sono riportati in appendice. Per ogni prova eseguita, si riporta un tabulato con i tempi registrati in campagna, i valori di velocità  $V_p$  e  $V_s$  alle varie profondità e, infine, i moduli elastici.

Inoltre, si riportano i grafici tempi/profondità, velocità/profondità e, infine, la distribuzione dei moduli elastici e il coefficiente di Poisson con la profondità.

I rilievi sismici di superficie sono stati eseguiti con metodologia Multichannel Analysis of Surface Waves (**MASW**) per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh. I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. Non limitato dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione);
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio ( $S$ ) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito. Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%);

- L'ampiezza delle *surface waves* dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le *body waves*.

Per l'indagine è stato utilizzato un sismografo estensibile fino a 255 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DoReMi, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 10.1", computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms). Per le indagini riportate in allegato sono stati utilizzati 16 geofoni verticali da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Con la funzione di interlaccio si è esteso lo stendimento con acquisizione su 32 canali e distanza intergeofonica di 1,0 m; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 4,0 e 5,0 m dal geofono n° 1.

Il software MASW di Roma & associati ha consentito di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della  $V_s$  (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici. Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente, queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

I metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

La misura **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una tecnica sismica passiva a stazione singola (originariamente proposta da Y. Nakamura), finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito a partire dalla registrazione delle vibrazioni in un suo punto. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un qualsiasi tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque anche senza terremoti ed è il principio alla base della sismica passiva a stazione singola.

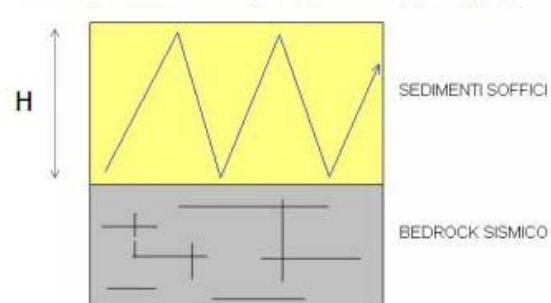
La tecnica dei rapporti spettrali è totalmente non invasiva, molto rapida e si può applicare ovunque; non necessita di alcun tipo di perforazione, stendimento di cavi né di energizzazione esterna diversa dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

In sintesi, la suddetta tecnica prevede:

- ✓ l'acquisizione delle vibrazioni attraverso una terna ortogonale di sensori velocimetrici (geofoni) per un tempo sufficientemente lungo (tipicamente alcuni minuti);
- ✓ la trasformazione dei segnali nel dominio delle frequenze per ciascuna delle tre componenti (X, Y e Z);
- ✓ il calcolo del rapporto tra gli spettri di potenza delle componenti orizzontali (H) e quello della componente verticale (V);
- ✓ l'individuazione della frequenza di vibrazione  $f_0$  in corrispondenza della quale il suddetto rapporto presenta un picco significativo.

Il rapporto tra le componenti orizzontali (H) del moto del suolo e quelle verticali (V), da cui H/V (o HVSR), mette in luce la *frequenza di risonanza di un terreno*.

La risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica.





La frequenza fondamentale di risonanza  $f$  del terreno dipende dallo spessore  $H$  del terreno stesso e dalla velocità media  $V$  delle onde che lo attraversano.

Dunque, conoscendo lo spessore  $H$  del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde  $S$  e viceversa conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore dello strato di copertura.

In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido) è possibile dimostrare che esiste una relazione diretta tra la frequenza di risonanza e lo spessore dello strato soffice; questa relazione è regolata dall'equazione seguente:

$$f = V_s / 4H$$

dove  $V_s$  è la velocità media delle onde  $S$  dello strato di copertura (sedimento), ed  $H$  è lo spessore dello strato di copertura. Emerge quindi che la tecnica  $H/V$  può fornire indicazioni di carattere stratigrafico: nota la  $V_s$  delle coperture si può stimare la profondità dei riflettori sismici principali e viceversa.

A tal proposito sono stati prodotti degli abachi preliminari per:

1. Stimare la profondità del contrasto di impedenza responsabile degli effetti osservati;
2. Valutare qualitativamente l'entità di questo contrasto.

Utilizzando questo strumento, le frequenze di risonanza possono tentativamente essere convertite in spessori permettendo una identificazione preliminare delle interfacce risonanti con il solo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo e orientare le indagini successive.

$f_0$ (Hz)	$h$ (m)	
$< 1$	$> 100$	<b>Centinaia di metri</b>
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	<b>Decine di metri</b>
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
$> 20$	$< 5$	<b>Qualche metro</b>
<b><math>H/V &gt; 3</math> Alto contrasto</b>		
<b><math>2 &lt; H/V &lt; 3</math> Basso Contrasto</b>		

La frequenza caratteristica di risonanza di sito rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare determinate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno al fine di evitare l'effetto di "doppia risonanza" che è estremamente pericoloso per la stabilità delle stesse.

Per l'acquisizione di dati HVSR è stato utilizzato il sismografo Vibralog della M.A.E., con risoluzione 24 bit e 3 canali e a cui si collega un sensore da superficie costituito da un unico contenitore con integrati una terna di geofoni con una frequenza di 2Hz. La suddetta terna è composta da due geofoni orizzontali perpendicolari tra loro ed uno verticale che hanno la stessa risposta/sensibilità in termini di ampiezza.



*Sismografo Vibralog*



*Sensore*

Il sensore è stato orientato verso il nord geografico per una convenzione di campagna ed in modo da valutare eventuali direzionalità del segnale ed è stato messo in bolla.

Per garantirne l'equilibrio ed impedire qualsiasi eventuale vibrazione e/o movimento che avrebbe potuto inficiare la registrazione, è stata eseguita una preparazione del terreno: l'accoppiamento sensore-terreno è stato garantito dall'infissione di particolari ed appositi "piedini" che ne assicurano la stabilità.

Le registrazioni relative al sito in esame hanno avuto durata di 30 minuti, per garantire la rilevazione di un numero significativo di sorgenti ed ottenere una misura affidabile e rappresentativa.

## f. Caratterizzazione geomecanica dei terreni

I campioni di terreno indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi, in numero di undici, sono stati inviati al laboratorio geotecnico ISOGEA s.r.l., ditta in possesso di Autorizzazione Ministeriale (Decreto n° 7474 del 27/07/2012) per l'esecuzione di prove nel settore A (Circ. LL.PP. 7618/STC/2010), affinché fossero sottoposti a prove di laboratorio per determinarne le caratteristiche fisiche generali, il fuso granulometrico, le caratteristiche geomecaniche con prova in scatola di taglio.

La prova di taglio diretto è stata eseguita con la scatola di Casagrande secondo la norma ASTM D3080. Vengono preparati, in apposite fustelle, tre provini quadrati, che vengono sistemati nell'alloggiamento della macchina di taglio. La scatola viene sommersa di acqua e sottoposta per 24 ore, a tre diverse pressioni di consolidazione che sono rispettivamente la metà del valore della pressione litostatica in situ, il valore della pressione in situ ed il doppio di questa. Tramite un micrometro con precisione 0.001 mm a tempi prestabiliti, vengono misurati ed annotati prendendo i cedimenti subiti da ogni provino. Dalla curva dei cedimenti in funzione del tempo è possibile ricavare vari parametri. Successivamente, con una velocità di spostamento della parte bassa della scatola, ogni provino viene portato a rottura e la resistenza che il provino oppone al moto della scatola stessa viene misurato mediante un micrometro con precisione 0.001 mm. Diagrammando i risultati di tutte le misurazioni effettuate, si ottiene l'angolo di attrito e la coesione del terreno.

Per le caratteristiche fisiche naturali del terreno si è proceduto in laboratorio secondo le specifiche tecniche ASTM D854 (peso specifico dei granuli), BS1377 (peso volume naturale), ASTM D2216 (contenuto di acqua naturale). I valori ottenuti sono stati utilizzati per ricavate le grandezze derivate.

L'analisi granulometrica, infine, è stata eseguita secondo le norme ASTM D2217 - D422 per vagliatura su campione rappresentativo precedentemente essiccato in stufa termostatica. La distribuzione granulometrica delle particelle che costituiscono un campione risulta indispensabile per avere indicazioni circa il comportamento meccanico del terreno, la sua permeabilità, il decorso dei cedimenti nel tempo, la potenziale liquefacibilità, ecc.

Di seguito vengono riportati i moduli riassuntivi delle prove realizzate.

## Cartografia tematica

### **8. Carta geologica e ubicazione delle indagini**

La *Carta geologica* ([Tavola 1](#)) è la sintesi dei risultati emersi dal rilevamento geologico di superficie e dalle indagini geognostiche effettuate e riportate nella *Carta di ubicazione delle indagini e delle tracce delle sezioni geologiche* ([Tavola 6](#)).

I rilievi collinari sono costituiti quasi esclusivamente da rocce calcaree e calcareo-dolomitiche, depositatesi in ambiente di piattaforma carbonatica. Si presentano intensamente fratturate e talora carsificate, raramente milonitizzate. Si riconosce l'originaria stratificazione con banchi di spessore variabile a prevalente immersione verso SE. Le formazioni appartenenti all'Unità tettonica dei Monti Picentini – Taburno sono riportate nella Carta con la sigla *CRQ*.

Sovrapposti a tale unità sono i depositi bacinali dell'Unità del Sannio, rinvenibili lungo la S.P. 335 - Ponti della Valle, con la Formazione delle Argille Varicolori (*ALV*).

Sono, inoltre, riconoscibili nella carta i lineamenti tettonici principali, ad andamento prevalente appenninico ed antiappenninico, che hanno conferito alle dorsali la caratteristica struttura monoclinale. La loro dislocazione ha determinato la formazione di alti strutturali (*horst*) e bassi strutturali (*graben*), facilmente riconoscibili nelle sezioni stratigrafiche indicate alla presente relazione. Sui rilievi le coperture terrigene sono state completamente erose, mentre solo in limitati affioramenti sono rinvenibili coperture detritiche poco o debolmente cementate, risalenti probabilmente all'intensa attività crioclastica avvenuta nei periodi freddi del Pleistocene (*Bz*).

Le zone vallive del territorio, invece, sono state interessate dalla lenta aggradazione da parte di depositi marini, salmastri, alluvionali e di origine vulcanica.

La denudazione di alcuni versanti è stata pressoché completa, cosicché depositi di deiezione ricoprono uniformemente i materiali precedentemente citati con spessori che vanno da qualche decimetro in prossimità dei rilievi a qualche metro in apice di conoide. Essi sono riportati con la sigla *b2*.

In prossimità dello sbocco degli impluvi i litotipi superficiali mostrano caratteristiche tessiturali tipiche dei depositi da trasporto torbido, talvolta di alta energia. La sigla che li contraddistingue nella Carta è *VEF*.

Tra i depositi di aggradazione delle aree vallive gli unici attualmente affioranti in diverse aree pedecollinari o, comunque presenti a piccola profondità, nelle aree pianeggianti o subpianeggianti sono i materiali piroclastici.

Sono riconoscibili depositi vulcanici sia da flusso sia da caduta riconducibili a tre diversi significativi periodi eruttivi: depositi pre-ignimbrite campana (*PAM*), ignimbrite campana sia in facies cineritica (*TGC1*) sia in facies litoide (*TGC2*), vulcaniti post-ignimbrite (*csv*).

Limitati affioramenti di depositi alluvionali (*b1*), peraltro con spessori esigui, sono presenti nel settore meridionale del territorio in località Bosco Lagno ai confini con i territori comunali di Acerra e San felice a Cancello.

## 9. Carta geomorfologica

Nella *Carta geomorfologica* ([Tavola 2](#)) si è inteso evidenziare quelle forme del rilievo, di diversa origine, connesse ai fenomeni di instabilità in atto o potenziali e/o all'amplificazione del segnale sismico, nonché ai potenziali fenomeni di sovralluvionamento.

Sono state riconosciute forme tettoniche, strutturali, forme di versante legate all'azione della gravità, forme fluviali e di versante legate al dilavamento, superfici di erosione antica, forme antropiche.

Particolare attenzione è stata posta nel delimitare le aree potenzialmente interessate da fenomeni gravitativi di versante sia di lenta evoluzione (soil slip) per la presenza di residue coltri di materiali sciolti su pendii, sia di rapido deflusso (mud flows) in corrispondenza delle sezioni di sbocco degli impluvi.

Rappresentata è stata, come detto, l'attività antropica, benché la presenza diffusa di cave per l'estrazione di pietra calcarea, di sbancamenti in terreni piroclastici o di cavità ricavate nel sottosuolo richiedano, per tipologia ed estensione degli interventi, studi di maggior dettaglio.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, si segnala come per le modifiche del corso degli alvei e per l'intensa urbanizzazione del territorio andrebbe verificata la tenuta idraulica delle sezioni di sbocco degli alvei in corrispondenza di tombamenti, di restringimenti, di anomalie del reticolo idrografico.

## 10. Carta idrogeologica

Nella *Carta idrogeologica* (Tavola 3) sono stati campiti tre complessi idrogeologici:

- un complesso calcareo (C) ad elevata permeabilità;
- un complesso piroclastico (P) a permeabilità generalmente bassa;
- un complesso dei depositi di versante e di conoide (D) con permeabilità variabile da media a bassa.

La permeabilità del complesso calcareo deriva da un'elevata fratturazione dei blocchi rocciosi unita ad un'intensa azione dei fenomeni carsici, a cui peraltro non fanno riscontro in superficie particolari forme epigee; la permeabilità elevata va intesa a larga scala, mentre localmente potrebbe calare bruscamente.

La permeabilità dei complessi P e D è dovuta quasi esclusivamente alla porosità, dal momento che le aree di affioramento di *tufi saldati* o di *brecce cementate* sono molto limitate, e, quindi, è controllata esclusivamente dalla granulometria dei depositi e dal grado di addensamento, piuttosto che dalla fratturazione.

Per comodità è stato individuato il limite tra tre corpi idrici distinti, quello dei Colli Tifatini (TI), dei Monti di Durazzano (DU) e della Piana Campana (PC), ma in realtà non esiste una reale barriera alla circolazione delle acque tra le strutture con un deflusso generalizzato dalla falda di base dei massicci carbonatici verso i depositi della Piana.

La circolazione idrica sotterranea dà, quindi, luogo a più acquiferi sovrapposti, talvolta intercomunicanti, che nell'insieme danno luogo all'acquifero denominato della Piana Campana; esso drena le acque provenienti dall'acquifero di base dei rilievi carbonatici e quelle zenitali circolanti nelle coperture della piana.

La falda più superficiale si rinviene a profondità variabili da oltre 200 m in corrispondenza dei rilievi a soli 2 - 3 m dal piano campagna in corrispondenza dell'area interporto – scalo ferroviario e consente di prelevare significativi quantitativi di acqua per unità di superficie drenata, come testimoniato dalla presenza di un campo pozzi in località Ponte Tavano. Il deflusso delle acque delle falde è grosso modo orientato verso la linea di costa.



Per quanto riguarda il reticolo idrografico, esso è caratterizzato da impluvi poco gerarchizzati, impostatisi per lo più in corrispondenza di lineamenti tettonici. Per l'alta ricettività delle rocce carbonatiche, il deflusso torrentizio è assente o limitato ed anche le aste fluviali di pianura sono quasi costantemente asciutte; solo in occasione di intense precipitazioni la portata aumenta, determinando diffusi fenomeni di deiezione dovuti all'intensa urbanizzazione in corrispondenza delle sezioni di sbocco degli alvei.

## 11. Carte di zonizzazione sismica

La zonizzazione del territorio in prospettiva sismica ha tenuto debitamente conto delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (D.M. 17.01.2018).

Per effetto dell'entrata in vigore delle citate NTC in zona sismica, la pericolosità sismica di base deve essere determinata in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

Sono state, pertanto, individuate le diverse categorie di sottosuolo di cui alla Tab. 3.2.II delle NTC, basate sulla determinazione della  $V_{s,30}$  ([Tavola 4](#)), benché sia il caso di ricordare che la suddivisione del territorio comunale in microzone non può, né vuole rappresentare una possibile identificazione delle categorie di sottosuolo di un sito specifico.

I valori di  $V_{s,30}$  nei punti stazione rilevati, infatti, possono essere solo rappresentativi di situazioni particolari e non generali e, per tale motivo, non possono esimere dal compiere indagini per interventi in fase esecutiva, né possono essere indicative di sottosuoli complessi o particolari, per i quali occorrono indagini sito-specifiche.

Considerato, poi, che non solo le caratteristiche stratigrafiche, ma anche le caratteristiche topografiche sono capaci di modificare il segnale sismico rispetto a quello di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A), i dati stratigrafici sono stati incrociati con i dati topografici per ricostruire zone omogenee ai fini della determinazione degli spettri di risposta in accelerazione delle componenti orizzontale e verticale (Tavola 5). L'analisi spettrale per le diverse microzone individuate è riportata nell'allegato 8 della presente relazione ed è relativa ad opere fondali di costruzioni con normale affollamento di persone e 50 anni di vita nominale.

Ricordando, infine, che negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica emanati dal Dipartimento di Protezione Civile della Presidenza del Consiglio, viene esplicitamente richiamata la necessità da parte dei Comuni di dotarsi nei propri strumenti urbanistici di una *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*, ai fini di una migliore definizione del quadro conoscitivo del territorio comunale con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico e individuare ambiti prioritari di intervento e di indagine in considerazione delle scelte di piano e in funzione della programmazione delle risorse.

In definitiva la Carta delle MOPS (livello 1) ha lo scopo di indirizzare le scelte pianificatorie e le relative localizzazioni, rappresentando il livello di conoscenza di base per attuare specifiche strategie per la riduzione del rischio sismico.

Nella tavola 7 sono state, pertanto, individuate, secondo i criteri delle linee guida degli ICMS, le zone stabili e le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, mentre non sono state censite le zone suscettibili di instabilità, limitate a quelle porzioni di territorio potenzialmente suscettibili di fenomeni franosi e già inserite nella Carta geomorfologica (v. Tavola 2).

Per la particolare situazione idrogeologica non si ritiene, invece, necessario segnalare l'eventualità del verificarsi di fenomeni di liquefabilità dei terreni, in quanto nelle aree del territorio comunale con profondità della falda inferiore a 15 m i valori delle resistenze penetrometriche normalizzate presentano generalmente valori (N1)60 > 30 per la presenza di un orizzonte tufaceo subaffiorante.



Inoltre, come riportato nel paragrafo 5.b della presente relazione, il catalogo ITHACA delle faglie capaci non riporta strutture profonde che interessino il territorio in esame.

I risultati e l'analisi delle prove sismiche Down Hole, MASW ed HVSR sono serviti per determinare la velocità delle onde sismiche nel sottosuolo, il VS,eq e la profondità del bedrock sismico, indispensabile ai fini dello studio di microzonazione di II livello.

Laddove il bedrock sismico non è stato individuato con le indagini sismiche effettuate, si è proceduto a determinare una profondità H alla quale Vs = 800 m/s, ipotizzando che le proprietà dei terreni siano gradualmente crescenti con la profondità (grazie al proprio peso litostatico); quindi utilizzando i risultati scaturiti da tali prove, si è costruita una retta interpolando gli ultimi valori delle velocità registrati nella formazione delle piroclastiti addensate (che si presume si seguono fino a grandi profondità) e dall'intersezione di quest'ultima con la proiezione del valore Vs = 800 m/s, determinando in tal modo la profondità del bedrock. Le analisi così condotte, riportate nell'allegato 9, hanno consentito di ricostruire i fattori FA ed FV, estrapolandoli dagli abachi proposti nelle "Linee guida della Protezione Civile Nazionale".

## **Conclusioni**

### **12. Indicazioni per la realizzazione degli interventi**

Gli orientamenti di pianificazione urbana e paesaggistica più recenti considerano il territorio nel suo insieme di valori naturali e culturali come una risorsa da tutelare e conservare, preservandolo dallo sfruttamento dei beni naturali.

Nel seguire linee d'indirizzo improntate ad uno sviluppo socio - economico "sostenibile" del territorio comunale di Maddaloni, non si possono trascurare gli aspetti di tutela della salute e di sicurezza dei cittadini e, tra gli altri, quelli connessi ai rischi geologici. Tuttavia, nel valutare il grado di compatibilità delle trasformazioni urbanistiche proposte con i diversi fattori di rischio, non si può leggere il dato geologico come fattore di assoluta certificazione di sicurezza delle opere a

realizzarsi, né tanto meno di assoluta inedificabilità, ma esso deve, invece, essere visto come punto di partenza per valutare consapevolmente limitazioni e condizionamenti nella fattibilità di opere ed infrastrutture.

È bene, altresì, ricordare che trattandosi di valutazioni a larga scala, nella fase esecutiva delle opere ipotizzate, si dovrà procedere all'esecuzione di indagini puntuali e riferite all'intervento specifico, con particolare riferimento alla ricostruzione di un dettagliato modello geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico del sito.

In generale, per l'attuazione degli interventi sarà necessario in fase di progettazione, l'acquisizione di una serie di dati riguardanti i seguenti aspetti che consentiranno di scegliere, in fase di valutazione costi-benefici, la soluzione migliore:

- analisi storica dei caratteri geologici, idrogeologici, geomorfologici e sismici del sito;
- caratterizzazione del sito mediante rilevamento geologico a scala di dettaglio ed esecuzione di indagini specifiche dirette;
- rilievo diretto ed analisi dell'andamento della falda, con particolare attenzione alle oscillazioni stagionali della stessa;
- eventuale analisi di stabilità dei pendii, dei fronti di scavo e dei rilevati;
- considerazioni sul tipo di fondazione dei manufatti.

In conclusione, lo studio eseguito ha permesso di delineare un quadro d'insieme abbastanza esauriente delle problematiche di natura geologica in senso lato, fornendo ai progettisti del PUC un valido strumento per la conoscenza delle componenti acqua, suolo e sottosuolo, in un'ottica che coniughi la corretta conservazione degli equilibri ambientali con le esigenze di sviluppo della comunità maddalonese.

