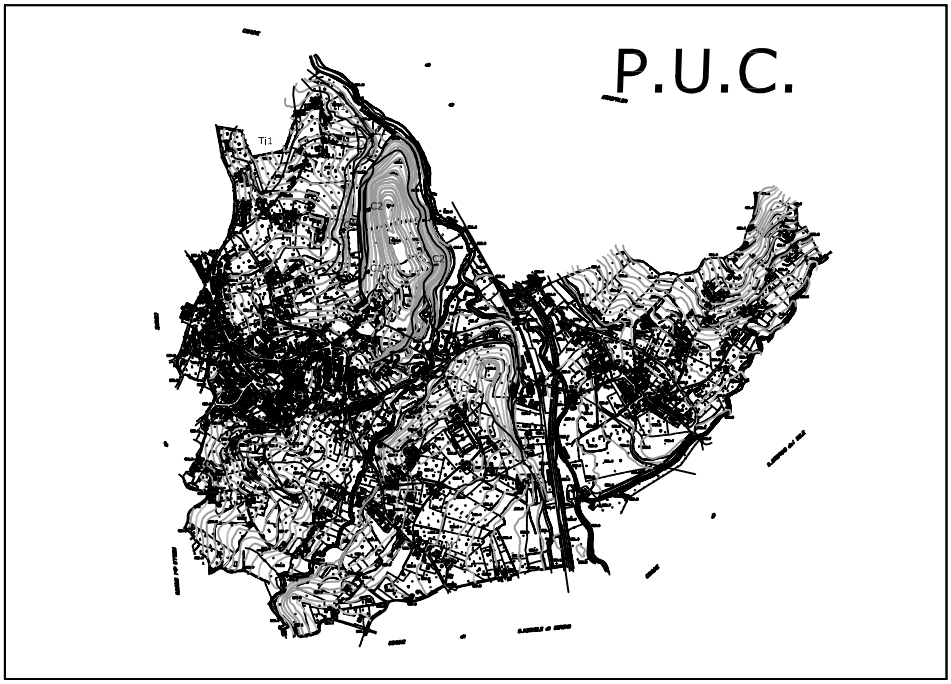
Via Piano Alvanella snc - 83024 Monteforte Irpino (AV)
Via Tito Livio, 165 - 00136 Roma
Tel. 0825.682892 - 06.35498555
www.cmgtesting.it

COMUNE DI CESINALI

(Avellino)

INDAGINI GEOGNOSTICHE
FINALIZZATE ALLA REDAZIONE DEL
PIANO URBANISTICO COMUNALE



RELAZIONE

Il consulente: Dr. Geologo Augusto Meo
(Albo dei geologi della Regione Campania n.185)

PIANO REDATTO NEL LUGLIO 2022

INDICE

1 PREMESSA **3**
1.1 Riferimento normativi *5*
2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE GENERALI DELL'AREA **7**
3 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE DEL COMPRENSORIO **7**
4 ORIENTAMENTO STRUTTURALE **11**
5 IDROGEOLOGIA DEL SISTEMA **12**
5.1 Vulnerabilità della falda idrica di base all'inquinamento *14*
5.2 Idrografia supetficiale *15*
5.3 Considerazioni idrologico-idrauliche del bacino del Rio Fellinele *15*
6 INDAGINI CUI È POSSIBILE FARE RIFERIMENTO **23**
6.1 Sondaggi meccanici *25*
6.2 Prove di laboratorio *27*
6.3 Indagini sismiche *28*
6.3.1 Prospezioni sismiche a rifrazione 28
6.3.2 Prospezioni sismiche in foro (down - hole) 28
6.3.3 Strumentazione utilizzata 28
7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI AFFIORANTI **29**
8 CARATTERISTICHE DI STABILITÀ E MORFOEVOLUTIVE DELL'AREA **33**
9 COMPATIBILITÀ URBANISTICA CON IL PIANO STRAORDINARIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO. **35**
10 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO COMUNALE. **39**
10.1 Pericolosità sismica di riferimento del territorio comunale. *43*
11 DEFINIZIONE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (Art.11 e 12 LR 9/83) **47**
11.1 Metodologia d'indagine *48*
11.2 Zonizzazione del territorio in prospettiva sismica *51*
12 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA-MORFOLOGICA **68**
13 CONCLUSIONI **68**

1 PREMESSA

Nel mese di dicembre 1984, il sottoscritto eseguiva, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Cesinali (AV), una serie di accertamenti tecnici finalizzati alla redazione del *Piano Regolatore Generale,* così come previsto dall'art.14 della legge regionale n°9/83 del 07/01/1983.

Veniva all'epoca eseguita una campagna di indagini geognostiche i cui risultati consentivano la redazione di tutte le carte tematiche richieste dalle normative all'epoca vigenti e costituivano la base per le considerazioni d'ordine tecnico, illustrate nella specifica relazione fornita al committente, unitamente agli elaborati grafici.

Nel settembre 2002, dovendo l'Amministrazione Comunale procedere ad una variante del *Piano Regolatore Generale*, ed essendo intervenute nel contempo nuove normative, nonché alla luce di quanto indicato dall'Autorità di Bacino competente, ci veniva richiesta una specifica integrazione allo studio già effettuato onde definire le attuali condizioni morfoevolutive e di stabilità dei versanti interessati dalle nuove previsioni di piano, con particolare attenzione a due aree presenti a sud del centro abitato ed in destra orografica del Vallone dei Cerri.

In questa fase, in riferimento al tempo connesso all'iter procedurale del Piano, che ha portato a sostanziali variazioni legislative, passando dalla L.R. n.9/83 all'approvazione del nuovo Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino, con variazioni delle precedenti zonazioni, per ricadere oggi negli aggiornamenti della normativa sismica O.P.C.M. 3274/03 che ha cambiato in maniera sostanziale i riferimenti in materia sismica, si rese necessaria un'integrazione all'indagine, così come richiesto dal Comitato Tecnico Regionale Sez. Provinciale di Avellino con parere n.5794 del 11/02/08 (Pratica n.317).

Fu quindi redatta la nuova carta delle indagini in scala 1:5000, con riportate le indagini preesistenti e le indagini pianificate in questa fase (anno 2002) e carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5000) con l'obiettivo di caratterizzare il substrato geologico ed i terreni di copertura, d'individuare eventuali aree potenzialmente interessate da

deformazioni permanenti in caso di evento sismico e di definire forme geomorfologiche di superficie e sepolte importanti per problematiche sismiche.

Attualmente, in riferimento alla nota *prot. 2020.0498025 del 22/10/2020* della *Regione Campania (Genio Civile di Avellino),* la presente revisione riporta quanto richiesto al fine del rilascio del parere di propria competenza *(art.3 comma 4 del Regolamento di Attuazione n.5/2011 alla L.R.n.16/2004).*

In particolare, per quanto di nostra competenza veniva richiesto:

- *"Carta della stabilità";*
- *"Ai fini di una valutazione geologica d'assieme (fattibilità punto 6.12 del DM 17/01/18), per ambiti territoriali estesi e/o ad elevata complessità, è necessario corredare lo studio con cartografia di inquadramento generale geologico-strutturale, anche in scala 1:10000 rappresentativa sia della pericolosità geologica che della vulnerabilità del territorio essenziale per definire il rischio sismico delle aree".*

Il presente studio, integra quindi le risultanze già ottenute dai precedenti interventi con quanto previsto dalle attuali norme vigenti e adempie alle richieste pervenute.

Il presente rapporto è da considerarsi quindi parte integrante del precedente studio, le cui risultanze e le prescrizioni in esso contenute sono da ritenersi valide a tutti gli effetti.

Sulla base quindi di tutti gli elementi in possesso, sono riportati i seguenti elaborati:

- *All.1 Carta geolitologica (Scala1:5000) – (Artt.11 e 12 L.R.C. n° 9/83);*
  - *All.1.1 Foglio 1 (Scala 1:2000)*
  - *All.1.2 Foglio 2 (Scala 1:2000)*
  - *All.1.3 Foglio 3 (Scala 1:2000)*
  - *All.1.4 Foglio 4 (Scala 1:2000)*
- *All.2 Sezioni Geologiche - (Artt.12 L.R.C. n° 9/83);*
- *All.3 Carta della stabilità e delle tendenze morfoevolutive (Scala 1:5000) (Artt.11 e 12 L.R.C. n° 9/83);*

- *All.4 Carta delle permeabilità relative e dell'idrografia superficiale (Scala 1:5000) - (Artt.11 e 12 L.R.C. n° 9/83);*
- *All.5 Carta ubicazione indagini (Scala 1:5000) - (Artt. 12 L.R.C. n° 9/83);*
- *All.6 Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica (Scala1:5000) - (Artt.11 e 12 L.R.C. n° 9/83; Punto 4.2 D.G.R.C. 834/2007);*
- *All.7 Carta dei fattori di incremento (Scala1:5000) – (cap.3.2.2. DM 17/01/18)*
- *All.8 Carta delle caratteristiche litologiche - tecniche dei terreni significativi ai fini edilizi (Scala 1:5000);*
- *All.9 Carta della compatibilità urbanistica con il Piano Straordinario Dell'autorita' Di Bacino Liri-Volturno-Garigliano (Scala 1:5000);*
- *All. 10 Carta della pericolosità geologica-idrogeologica-morfologica – (Punto 6.12 DM17/01/18 - Punto 4.2 D.G.R.C. 834/2007)*
- *All.11 Stratigrafie sondaggi geognostici (Campagne 1984-2002-2003-2006) - (Artt. 11 L.R.C. n° 9/83);*
- *All.12 Analisi e prove di laboratorio su campioni prelevati in sede di sondaggi geognostici - (Artt. 11 L.R.C. n° 9/83);*
- *All.13 Verifiche di stabilità su versanti ritenuti più significativi ai fini delle previsioni di piano -(Artt. 12 L.R.C. n° 9/83);*
- *All. 14 Indagini sismiche, a rifrazione in onde P, ed in foro tipo Down- Hole in onde P ed S - (Artt. 11 L.R.C. n° 9/83);*

Per quanto riguarda le considerazioni geolitologiche e morfologiche generali dell'area, vengono riportate quelle già illustrate nei precedenti rapporti del dicembre 1984 e del settembre 2004.

1.1 Riferimento normativi

Normativa e raccomandazioni tecniche

- *Legge 2 febbraio 1974, n° 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche. Gazzetta Ufficiale n° 76 del 21 marzo 1974.*

- *L.R.C. 07/01/1983, n° 9 – Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico. BURC n. 8 del 26/01/1983.*

- *D.M. 11/03/1988 – 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. Suppl. Ord. Gazzetta Ufficiale 1° giugno 1988, n. 127.*

- *Circolare del Ministero LL.PP. 24/09/1988 – Istruzioni per l'applicazione delle 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.*

- *D.G.R.C. n° 5447 del 07/11/2002: Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania. BURC n. 56 del 18/11/2002.*

- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e s.m.i. Gazz. Uff. n.105 dell'8 maggio 2003 – Suppl. Ordinario n. 72.*

- *L.R.C. 22/12/2004, n° 16 e s.m.i. – "Norme sul governo del territorio".*

- *Supplemento al BURC n. 65 del 28/12/2004.*

- *Decreto legislativo 3 aprile 2006, n° 152 – Norme in materia ambientale – e s.m.i.. Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006.*

- *D.G.R.C. n° 834 dell'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 legge regionale n° 16 del 22 dicembre 2004 "Norme sul governo del territorio". BURC n. 33 del 18 giugno 2007.*

- *D.M. 17/01/2018 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale – Circolare 21/01/2019 n.7 C.S.LL.PP.*

- *Regolamento di Attuazione della L.r.C. n° 16/2004 – Regolamento di Attuazione per il Governo del Territorio n° 5 del 04/08/2011. BURC n. 53 dell'8 agosto 2011.*

- *Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino Liri-Volturno-Garigliano – Rischio idraulico e rischio Frana.*

- *D.G.R.C. n° 118 del 27/05/2013 – O.P.C.M. 4007/2012 recante "Attuazione dell'art. 11 del DL 28/04/2009 n° 39, convertito con modificazioni dalla legge del 24/06/2009, n° 77, in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico". APPROVAZIONE INDIRIZZI E CRITERI. Bollettino Ufficiale della Regione Campania - n. 29 del 3 giugno 2013.*

2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE GENERALI DELL'AREA

Il Comune di Cesinali è situato a cavallo delle tavolette I SO (Avellino) e I SE (Serino) del foglio n.185, della carta topografica d'Italia redatta dall'IGM.

Esso, di estensione di circa 3.7 km^2, è ubicato ad altitudini comprese tra i 380 ml s.l.m. del centro abitato del capoluogo, ed i 440 ml s.l.m. corrispondenti alla parte più a monte della frazione Villa S. Nicola. Ha una forma sub triangolare ed è confinante con gli abitati di Atripalda, S. Stefano del Sole, Aiello, Avellino e S.Michele di Serino.

Topograficamente, a livello generale, s'individuano due zone a differente morfologia.

La prima, in cui è compreso il max relativo locale, include il comune capoluogo ed è dominata dal blocco di Monte Uovolo, massiccio collinare locale ben individuato morfologicamente.

La seconda, compresa tra in Comune di Aiello ed il Comune di S.Michele di Serino, è a morfologia valliva, dominata dall'alveo del vallone Fellinele, che presenta, a destra, un versante monoclinalico che sale fino a quota di 370 ml s.l.m., per scendere, con un taglio acclive e talora sub verticale, a raccordarsi con una piana alluvionale intorno ai 320 ml s.l.m.

Generalmente le superfici risultano abbastanza regolari, con tipica struttura monoclinalica, con versante più sviluppato pendente verso NO, mentre i versanti a SE, di converso, sono ripidi, tipici di fronte di frattura monoclinalico.

Il fondo valle, relativo al vallone Fellinele ed all'alveo sinistro del Fiume Sabato, hanno tipica configurazione ad U aperta, piano e generalmente ben raccordato con l'alveo destro; il sinistro si raccorda invece più bruscamente, con rotture di pendio più nette.

Gli altri corsi d'acqua sono praticamente insignificanti.

La gerarchizzazione è quanto mai modesta (solo il Fellinele è di secondo ordine), segno di una attività erosiva piuttosto giovanile e limitata.

l ridotto effetto dell'attività erosiva, è testimoniato peraltro dall'assenza di fenomeni di sovraincisione e dalla ridotta consistenza dei meandri del già più voltenominato Fellinele.

3 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE DEL COMPRENSORIO

Al fine di individuare i litotipi presenti in zona, i loro rapporti stratigrafici o tettonici, la loro genesi e deposizione, in una ottica geologica regionale, necessaria per la determinazione di quei parametri indispensabili per una buona utilizzazione del territorio, è stato effettuato un rilevamento di superficie, esteso su tutto il territorio comunale, i cui dati sono stati raccolti in un elaborato grafico in scala 1:2000.

A livello generale, l'intera area di studio risulta, per la sua dislocazione areale, condizionata dalle sequenze litostratigrafiche presenti a cavallo della valle de F.Sabato.

In zona, a livello regionale, si evidenziano successioni diverse, da riferire a tre età e litofacies differenti:

a) - La più antica è rappresentata da una potente serie cretacica calcarea di piattaforma, costituita da sequenze bianche e grigie, in banchi e strati dello spessore variabile da qualche dm a qualche metro. Si tratta di complessi litoidi ben orientati, di notevoli potenze che sovente presentano sottili interstrati argillosi finissimi, dovuti, probabilmente, a variazioni della profondità dell'ambiente di deposizione.

Tale regolare sequenza, che in ambito regionale passa da calcari bianchi e grigi ad avana e rosati, è stata poi ribaltata in ambiente terrigeno terziario, ed interessata da intense azioni di tipo tettonico.

Il risultato è stata la intensa fratturazione del complesso sia in senso lato, con formazione di blocchi, sia in senso stretto, con trasformazione delle rigide sequenze calcaree in banchi intensamente fratturati fino a raggiungere talora i limiti di cataclasizzazione;

b) - Le facies di bacino in cui venivano traslati i calcari di piattaforma, sono rappresentate soprattutto da sequenze mioceniche terrigene riferibili a limi e limi argillosi grigi e plumbei, ma anche avana e vinaccia, plastici, inglobanti sabbie ed arenarie più o meno cementate, in lenti e livelli dal cm al dm, puddinghe poligeniche ben cementate in lembi e brandelli, marne quarzoso-micacee talora calcaree, in facies sia banchiforme che dispersa.

Tale formazione è in contatto laterale con una sequenza in facies di flysch, rappresentata da limi e limi argillosi grigi e grigio plumbei, duri, scagliosi, fortemente consolidati. Essi a causa della particolare messa in posto per frena sottomarina, inglobano materiale di varia natura ed origine, strappato ai banchi che facevano quasi sempre da letto allo scivolamento.

c) - Seguono poi le coltri quaternarie di copertura, destinate a mascherare le antiche morfologie sepolte, che saranno meglio esaminate in seguito.

Inquadrato in generale l'assetto litostratigrafico a livello regionale, di seguito si riferisce sulle specifiche risultanze scaturite dal rilevamento di dettaglio eseguito nell'ambito specifico del territorio comunale.

I terreni più antichi affioranti in corrispondenza della più specifica area di studio sono quelli litoidi, costituenti i blocchi di Monte Uovolo e Nocelleto.

Si tratta di due piccole monoclinali, immergenti verso NO, a rigetto modesto che rappresentano la fase finale di esaurimento della regressione eocenico- oligocenica.

Il rilevamento, favorito peraltro dalla presenza in zona di alcune cave a cielo aperto in alveo sinistro del vallone Fellinele, lungo il versante ovest di Monte Uovolo, ha evidenziato il rapido esaurirsi della fase regressiva. Qui, lungo un fronte di circa 40 ml, si passa da sequenze calcaree litoidi, anche se talora in facies breccioide, a serie detritiche breccioidi fini sciolte, talora alterate, fino a ritrovare al tetto una caratteristica formazione arenaceo ed arenaceo-marnosa color marrone o vinaccia, in straterelli e banchi di spessore modesto, a luoghi aciculari e sovente a frattura concoide.

Si tratta di una regolare serie regressiva, in continuità di sedimentazione, in cui si passa da materiali abissali e batiali (calcari) a facies di banchina e scogliera (brecce calcaree poligeniche), fino ad esaurirsi in sequenze selcifere e marnoso arenacee, prima della lacuna stratigrafica Eocene-Oligocene.

E' interessante rilevare come tale ultima formazione evidenzi tracce di una contrastata fase regressiva finale. Le selci e le argilliti marnose sono spesso comprese in interstrati arenacei sottili, a grana talora grossolana (1-3 mm). Tali blocchi risultano inseriti ed immersi in un complesso terrigeno terziario che talora li ricopre parzialmente, come osservabile in corrispondenza dei fronti ovest e nord-ovest delle monoclinali. Questo complesso, rappresentato da sequenze fini di mare sottile o di media profondità, risulta costituito da limi e limi argillosi grigi e vinaccia, generalmente fortemente costipati ed a luoghi pseudoscagliosi, ben consolidati e tenaci, passanti lateralmente a coltri e sequenze più sabbiose o limoso-sabbiose, in lenti e sacche o, ancora, a lembi e brandelli di materiale litoide eterogeneo, prevalentemente calcareo. In più, la formazione risulta inquinata da materiale breccioide, anch'esso calcareo, di dimensioni variabili dal ciottolame ai blocchi, disperso senza alcun ordine e grado nell'ambito della formazione di base. Questa formazione della cui natura flyschiode non si discute, si ritrova inalterata lungo tutta la fascia al di là de Fiume Sabato in corrispondenza della frazione Villa S. Nicola, per estensioni e potenze considerevoli. Essa, oltre

che a formare l' invasamento dei blocchi già richiamati e di numerosi piccoli olistoliti presenti in zona, rappresenta la formazione basale di aree molto più ampie (Aiello del Sabato, Contrada Sabina, Bellizzi).

L'ultima serie, in ordine di tempo e d'importanza, è rappresentata da formazioni quaternarie recenti ed attuali riferibili a due sequenze di origine e facies differenti. La prima è rappresentata da sequenze piroclastiche del vulcanismo flegreo e vesuviano. Si tratta di materiali sciolti generalmente sabbioso-limosi, per lo più scarsamente addensati o costipati, di colore avana e marrone, talora plastici, sovente, specialmente i più antichi, intensamente alterati e localmente argillificati. Tali sequenze di base, rappresentative della maggior parte del complesso, sono localmente differenziate in lenti, sacche e livelli locali di materiali a granulometria più grossolana (pomici, sabbie pomicee, scorie), e in sequenze tufacee (località Fontana Fresatole) in banchi, talora a fessurazione colonnare e comunque intensamente attaccati dagli agenti atmosferici. L'attuale habitus sedimentario e stratigrafico è frutto di intenso rimaneggiamento, fisico e chimico, dei materiali distribuiti più o meno uniformemente su vaste aree a seguito degli episodi parossistici flegreo-vesuviani. Gli agenti esogeni hanno intensamente eroso, rimaneggiato e fluitato tali teneri sedimenti, trasportandoli a quote sempre più basse e ridistribuendoli sovente in base alla loro granulometria. E' a causa di tali fenomeni che si evidenziano, localmente, arricchimenti indiretti di pomici e scorie che, altrimenti, non avrebbero motivo di esistere.

Oltre che fisicamente, tali agenti hanno inoltre intensamente interessato chimicamente la frazione feldspadica dei piroclasti, determinandone una più o meno intensa caolinizzazione. Tale effetto si evidenzia, più che altro, con una maggiore plasticizzazione dell'insieme, specie nelle coltri più profonde, dove hanno avuto miglior gioco le acque di infiltrazione e percolazione.

L'altra formazione, altrettanto ben rappresentata, è costituita dalla facies di fondovalle del Vallone Fellinele e del Fiume Sabato. Si tratta, specialmente nel secondo caso, di potenti complessi alluvionali prevalentemente limoso-sabbiosi, deposti in lenti e livelli sub orizzontali, funzione delle fasi alterne di sovralluvionamento dei corsi d'acqua nominati.

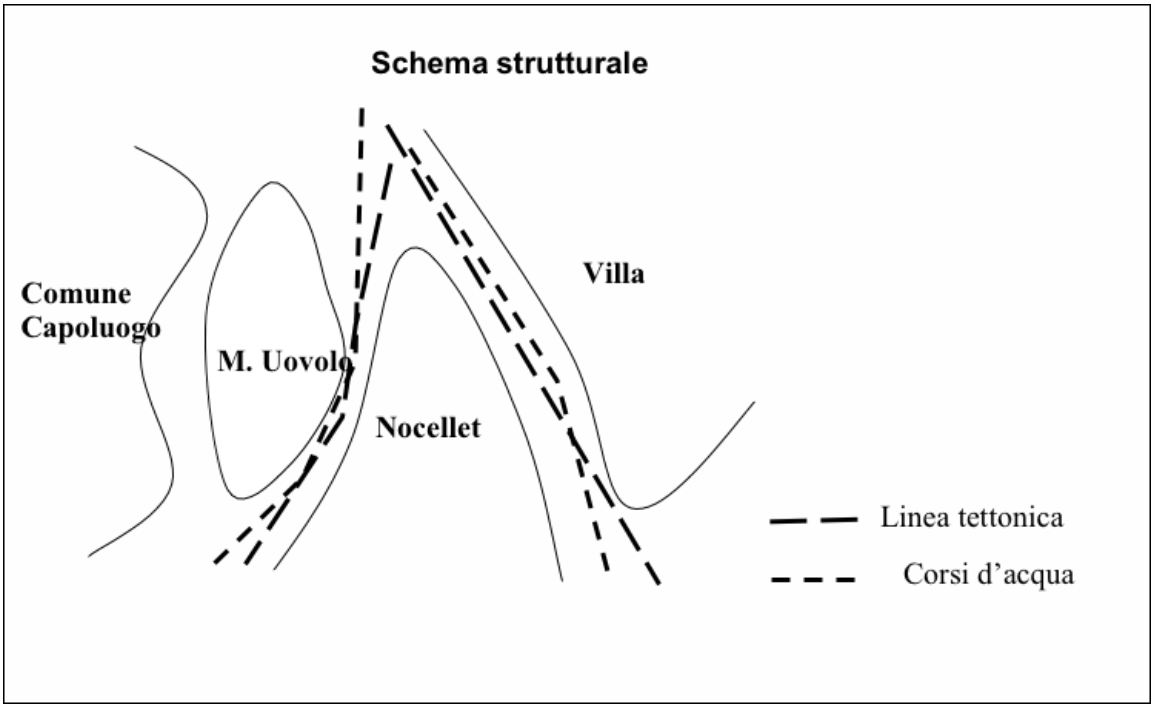
Si tratta essenzialmente di sequenze di materiali da riferire alle facies piroclastiche già descritte, erose e fluitate a valle dagli agenti esogeni e ridistribuite dai corsi d'acqua a formare potenti complessi fluviolacustri a topografia piana, talora terrazzata o sovrincisa in corrispondenza del talweg. Anche in questo caso però non è lecito parlare di formazione

omogenea. Pur essendo ridotto, il contributo alla deposizione fornito dalle sequenze mioceniche e dal brecciame calcareo, determina nel complesso la presenza di lenti e sacche ghiaiose, rappresentanti antichi alvei fossili o, più probabilmente, il residuo di fasi di sovralluvionamento intenso. E' questa l'unica facies ancora in attualità evolutiva, tant'è che il contatto tra essa ed il piroclastico, che va considerato più del tipo sedimentologico che litologico, è rappresentato da fasce sfumate a caratteristiche intermedie tra le due formazioni, quale termine di passaggio tra due serie litologicamente simili e cronologicamente pressoché coeve.

4 ORIENTAMENTO STRUTTURALE

L'attuale assetto strutturale dei rilievi presenti risulta ben evidente dall'esame della carta geolitologica.In zona risultano individuate tre strutture ben distinte corrispondenti al Comune Capoluogo, ed ai toponimi MonteUovolo e Nocelleto. Si tratta di tre monoclinali parallele, ad orientamento antiappenninico e dislocate in direzione SO-NE.

Le prime due immergono verso NO ed evidenziano lungo i rispettivi versanti est le sequenze di esaurimento del bacino in facies regressiva. I contatti verso nord sono sempre per faglia di distensione, mentre a sud ed a sud-est, le linee strutturali sono mascherate da sequenze di coperture mioceniche.



Il fronte nord-est, comune alle tre strutture, evidenzia il classico orientamento appenninico e fa da frontiera, con lunghe faglie perimetrali, alle sequenze alluvionali del Sabato. I blocchi, indipendentemente dalla fine cataclasizzazione delle sequenze mesozoiche e primo terziario più superficiali (brecciole e marne calcaree), risultano essenzialmente integri, in grande, e le faglie non presentano evidenti segni di ringiovanimento. Non sono rilevabili condizioni tali da lasciar prevedere strutture a gradinate, sepolte dalle alluvioni del Sabato. Un esame anche sommario della topografia evidenzia invece, l'incunearsi dei blocchi nei sedimenti argillosi miocenici, fatto questo, manifestato anche dalla presenza di minuscoli e sparsi olistoliti, smembrati dal blocco principale e presenti solo alle spalle dell'allineamento descritto.

5 IDROGEOLOGIA DEL SISTEMA

I terreni finora descritti ricadono in classi a permeabilità relativa diversa, funzione questa di fattori granulometrici intrinseci e di condizioni stratigrafiche e strutturali specifiche dei differenti litotipi, il che determina un assetto idrogeologico dell'area ben definito e caratterizzato. Le facies più antiche (calcari compatti, brecciole, serie di esaurimento calcareo-marnosa della regressione) sono caratterizzate da una notevole permeabilità per fessurazione, che determina l'instaurarsi di una circolazione in rete molto facile e veloce. Si tratta sempre di materiali a permeabilità e capacità di assorbimento elevate, in cui la circolazione si sviluppa in senso verticale raggiungendo rapidamente livelli di base piuttosto profondi.

La serie meno permeabile degli affioramenti, invece, è rappresentata dalle sequenze argillose mioceniche, praticamente impermeabili e, solo localmente, permeabili da strato a strato. Si tratta di materiali prevalentemente sottili, scarsamente suscettivi di capacità d'assorbimento, che smaltiscono la maggior parte delle acque meteoriche tramite ruscellamento superficiale, sia incanalato chediffuso.

La serie alluvionale di fondovalle, infine, rappresenta una classica facies a permeabilità variabile da punto a punto. In essi si passa dalla più alta permeabilità, specifica delle ghiaie e, più in generale, delle serie a granulometria più grossolana ed eterogenea, a quella più ridotta, propria delle sequenze piroclastiche fini argillificate o degli accumuli localizzati detritici delle facies di erosione dei materiali miocenici. In tali formazioni si determinano, in prevalenza, letti acquiferi localizzati, alternati o separati da sequenze a permeabilità inferiore. E' però opportuno, definite le permeabilità relative, dare uno sguardo d'insieme all'assetto idrogeologico del comprensorio, ben più significativo delle considerazioni finora fatte. I tre blocchi ad invasamento calcareo, finora già diverse volte nominati, rappresentano l'acquifero più importante della zona. Ciò nonostante non si configurano le condizioni per il determinarsi di accumuli acquiferi potenti. Infatti, i blocchi calcarei, sebbene tamponati a sud, ovest e nord-ovest dalle sequenze argillose impermeabili, sono a contatto, a nord-est, con le facies alluvionali di valle del fiume Sabato, che drenano, senza farle apparire a giorno, le acque sotterraneedi deflusso dei calcari, travasandole direttamente nella subalvea sinistra.

Sulle quantità non è possibile dare notizie precise, non avendosi alcun termine di confronto particolare. Comunque, in ogni caso, le aliquote in gioco sono da ritenersi non elevate, trattandosi di complessi dalle superfici modeste.

Esiste, comunque, una piccola sorgente all'estremo limite sud del comprensorio, la fontana Fresatole, attualmente sistemata con una canaletta a cielo aperto, ad abbeveratoio e vasca di raccolta. E' questo, l'unico fenomeno sorgentizio di qualche importanza presente nel comune, rappresentato, tipologicamente, da una sequenza d'affioramento di superficie piezometrica tamponata alla base, in corrispondenza del vallone, dalle argille e dai limi miocenici.

La modestia del serbatoio presente alle spalle è testimoniato dalla portata della sorgente che, seppur perenne, è di potenza ridotta e, inoltre, notevolmente variabile nel corso dell'anno.

L'altro acquifero importante è, come intuibile, quello rappresentato dalle alluvioni del Sabato.

Sebbene non sempre si tratti di materiali ad elevata permeabilità assoluta, esiste, a favore, la prossimità del fiume la cui lama d'acqua è direttamente interdipendente con la subalvea. Pozzi in tale area, se realizzati con diametri elevati, e se attingenti a sacche e livelli a granulometria

grossolana a contatto con la lama d'acqua del fiume, garantirebbero, senza essere spinti a grande profondità, rifornimenti acquiferi praticamente illimitati.

Sull'impermeabile principale c'è invece ben poco da dire tranne che la maggior parte delle acque meteoriche vengono in esso smaltite per ruscellamento superficiale. Ciò determina, localmente, fenomeni di erosione diffusa e di plasticizzazione degli strati superficiali, cosa che assumerà una certa importanza nelle considerazioni relative alle caratteristiche tecniche dei terreni ed alla stabilità delle aree.

5.1 Vulnerabilità della falda idrica di base all'inquinamento

Per quanto riguarda la vulnerabilità intrinseca delle aree interessate dall'acquifero di base è da considerare che esso è relativo a depositi calcarei fratturati ed intensamente tettonizzati per cui presenta una elevata predisposizioneall'inquinamento, e ciò in relazione a diversi fattori:

* l'acquifero è caratterizzato da una elevata permeabilità per fessurazione e quindi soggetto a deflussi sotterranei di notevole velocità con limitati tempi di contatto acqua-roccia nonché scarso contrasto agli eventuali carichi inquinanti;
* il coefficiente d'infiltrazione e le pendenze dei versanti, a luoghi elevate, favoriscono l'instaurarsi di locali fenomeni di ruscellamento superficiale mentre l'abbondante vegetazione presente sui versanti spesso ne rallenta il deflusso, consentendo a notevoli aliquote d'acqua d'infiltrazione di diluire sostanze inquinanti prese in carico e di trascinarle in falda;
* nelle zone d'affioramento dei depositi calcarei risultano in posto recenti coperture, a luoghi, di ridotto spessore o comunque tali da non costituire un efficace filtro alle acque d'infiltrazione.

D'altra parte sono altresì da considerare alcuni elementi più favorevoli quali:

* il livello piezometrico è sufficientemente profondo rispetto al piano campagna;
* non sono rilevabili in zona recapiti sorgivi collegati alla falda di base per cui non sono valutabili occasioni d'infiltrazioni secondarie che giungono in falda direttamente;

* non è significativa una circolazione sotterranea relativamente poco profonda che si manifesta attraverso l'instaurarsi di falde sospese comunicanti con l'acquifero principale, né sono state valutate zone di assorbimento concentrato;

* non è ipotizzabile la presenza di bacini sotterranei tra loro comunicanti.

5.2 Idrografia supetficiale

Il Rio Fellinole, che si sviluppa ad est dell'allineamento Cesinali - Aiello del Sabato, in corrispondenza di un comprensorio collinare, si snoda lungo un canale a sezione a trapezio irregolare con sponda destra maggiormente estesa rispetto a quella sinistra.

Dal punto di vista morfometrico, il suo bacino idrografico si presenta a forma grossolanamente rettangolare con angoli Nord-Sud coincidenti rispettivamente con il blocco di Monte Uovolo e il toponimo Bosco Mater Domini sul quale si imposta un pattern di tipo subdendritico a bassa densità idrografica, riconducibile ad un reticolo idrografico in cui si osserva un'asta principale del 2° ordine e poche aste secondarie, spesso non sviluppate e con un bassissimo rapporto di biforcazione.

La tipologia e la densità del reticolo idrografico sono legate sia alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area, sia soprattutto alla continua ed estesa copertura vegetale e alla intensa attività agricola presente.

Nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche morfometriche del bacino idrografico interessato.

Estensione	Km^2	7.00
Altitudine massima	Ml s.l.m.	585
Altitudine minima	Ml s.l.m.	320
Lunghezza asta principale	Km	4.5

5.3 Considerazioni idrologico-idrauliche del bacino del Rio Fellinele

Attraverso una doppia analisi su gli afflussi e sui deflussi, è stata effettuata una valutazione diretta della portata di piena del corso d'acqua in esame che nel caso specifico rappresenta

l'unico elemento in grado di determinare condizioni di rischio in caso di precipitazioni di particolare intensità.

In merito agli afflussi è stata eseguita un'analisi sul regime delle piogge intense che ha consentito di definire la stima dell'evento di pioggia critico con un adeguato tempo di ritorno.

La constatazione che i fattori climatici della zona oggetto di studio sono confrontabili o analoghi con quelli presenti nella zona dell'abitato di Avellino, posto a poco meno di di 4-5 Km a sud-est, consente, in termini di vicinanza e di quote grossolanamente equiparabili, di estendere i dati pluviometrici disponibili su tale zona, all'area del bacino del torrente Fellinole.

Nella trasformazione degli afflussi in deflussi è stato utilizzato un metodo analitico nel quale l'unico elemento di incertezza è legato al coefficiente di deflusso Cd.

In questo caso il coefficiente di deflusso da assegnare al bacino, dipendente da caratteristiche fisiometriche, come la permeabilità dei terreni, l'acclività, l'uso suolo-coperture vegetali, può essere assunto pari a 0.60, sufficientemente conservativo in riferimento alle seguenti considerazioni:

* le superfici interessate, sempre rimodellate da una coltre piroclastica, in possesso di elevati coefficienti di permeabilità, presentano spessori variabili nell'ordine dei 10 ml;
* presenza alle quote più basse di blocchi calcarei affioranti, caratterizzati da una notevole permeabilità per fessurazione, che determina l'instaurarsi di una circolazione in rete molto facile e veloce e conseguente capacità di assorbimento elevata; tale circolazione si sviluppa in senso verticale raggiungendo rapidamente livelli di base piuttosto profondi;
* presenza nella parte alta del bacino di una fitta vegetazione arborea ed una intensa attività agricola alle quote più basse.

Determinazione degli afflussi

Nell'area d'interesse non sono presenti stazioni di misura idrometriche o pluviometriche, di conseguenza, vista la vicinanza e la sostanziale omogeneità delle condizioni meteoclimatiche, sono stati presi in considerazione i dati della stazione pluviometrica di Avellino.

Tali dati sono stati desunti dagli annali idrologici editi dalla Stazione Idrografica presso il Provveditorato OO.PP. della Campania. Sono stati quindi individuati i dati relativi ad eventi di

durata compresa tra 1 ora, 3 ore, 12 ore e 24 ore, utili per la determinazione dell'altezza di pioggia che, con buona probabilità, può verificarsi nell'area e utilizzati per la determinazione indiretta delle portate di colmo o di massima piena.

L'analisi statistica condotta, consente di determinare la *Curva Segnalatrice di Possibilità climatica* la quale, prefissato un determinato *Tempo di Ritorno* (T) dell'evento, permette di correlare le altezze di pioggia (h) con le relative durate (h_P). La Valutazione della distribuzione statistica degli eventi meteorici relativi a intervalli di tempo prefissati, riveste un notevole interesse per la determinazionedel Tempo di Ritorno di un evento.

Questo parametro risulta importante sia nella fase progettuale di un'opera sia nella fase della sua verifica ed esprime un indicatore di rischio, come durata media in anni del periodo in cui il valore assegnato Xd della variabile, viene superato una sola volta, ed è legato alla probabilità che l'evento (x) non superi il valore Xd, cioè:

$P(x \leq Xd) = 1- (1/T)$ da cui ricavando il Tempo di Ritorno T, si ha: $T = 1/1-P(x \leq Xd)$

Per ciascuna serie di dati pluviometrici di una determinata durata, occorre conoscere la legge di variazione di $P(x \leq Xd)$. A tale scopo si è ricorso alla funzione probabilistica che meglio sovrappone i dati sperimentali disponibili alla legge teorica.

Le leggi probabilistiche associate ai dati pluviometrici raccolti sono funzione di due parametri caratteristici della popolazione di dati, e cioè:

* la media (M), valore intorno al quale tende a distribuirsi la variabil
* lo scarto quadratico medio (s).

Si è ipotizzato che la distribuzione statistica delle piogge massime annue relative ad un determinato intervallo di tempo, segua la legge dei valori estremi di GUMBEL per cui sono stati definiti i valori modali delle distribuzioni di probabilità delle intensità di pioggia, riferita ad intervalli di tempo variabili da 1 ora a 24 are (e_t) e delle massime precipitazioni giornaliere (e_g), secondo le seguenti relazioni:

$(e_t) = M_t - 0.45\ s_t$

$K_t = s_t / 0.557\ e_t$

$(e_g) = M_g - 0.45\ s_g$

$K_g = s_g / 0.557\ e_g$

Dove:

* M_t ed M_g rappresentano rispettivamente le medie aritmetiche dei valori registrati delle precipitazioni negli intervalli di tempo da 1 a 24 ore e delle massime precipitazioni giornaliere;

* S_t e S_g rappresentano lo scarto quadratico medio rispettivamente dei valori delle precipitazioni registrate negli intervalli da 1 a 24 ore e delle massime precipitazioni giornaliere;

* K_t e K_g distribuzione della variabile h (altezza di pioggia) relativamente ai dati riferiti ad intervalli da 1 a 24 ore e per le precipitazioni giornaliere massime rispettivamente.

Di seguito vengono riportati i valori ottenuti:

Media dei valori (M_t) della serie storica delle precipitazioni

Intervallo di 1 ora	23.60
Intervallo di 3 ore	36.97
Intervallo di 6 ore	48.32
Intervallo di 12 ore	62.42
Intervallo di 24 ore	80.50

Scarto quadratico medio (s_t) dei valori della serie storica delle precipitazioni

Intervallo di 1 ore	8.42
Intervallo di 3 ore	13.01
Intervallo di 6 ore	14.77
Intervallo di 12 ore	19.35
Intervallo di 24 ore	26.51

Valore modale (e_t) della distribuzione di probabilità della variabile dell'intensità di pioggia negli intervalli di tempo da 1 a 24 ore

Intervallo di 1 ora	19.81
Intervallo di 3 ore	31.12
Intervallo di 6 ore	41.68
Intervallo di 12 ore	53.71
Intervallo di 24 ore	68.57

Caratteristica (K_t) della distribuzione di probabilità della variabile h (altezza di pioggia) negli intervalli di tempo compresi tra 1 ora e 24 ore

Intervallo di 1 ora	0.76
Intervallo di 3 ore	0.75
Intervallo di 6 ore	0.64
Intervallo di 12 ore	0.65
Intervallo di 24 ore	0.69

Parametri relativi alla serie storica dellemassime precipitazioni giornaliere

$M_g = 80.0$
$s_g = 26.51$
$e_g = 68.57$
$K_g = 0.69$

Attraverso questa elaborazione, per ciascuna popolazione di dati pluviometrici, relativi ad un determinato tempo di pioggia (t), è possibile ricavare il rispettivo valore dell'altezza (h) dell'evento meteorico con un *Tempo di Ritorno* T pari a quello prefissato.

L'insieme delle coppie di valori h e t, con un tempo di ritorno T, possono essere raccordati con una legge di regressione del tipo:

$$h = a \cdot t^n \qquad (1)$$

dove: h = altezza di precipitazione (mm)

t = durata della precipitazione (ore)

a e n parametri il cui valore dipende dalle caratteristichepluviometriche della zona.

La (1) corrisponde, come già accennato in precedenza, alla *Curva di possibilità climatica* relativa ad un determinato tempo di ritorno (T). Questa risultafunzione dell'esponente (n) e cioè:

- n > 0 curva crescente,
- n < 0 curva decrescente.

L'espressione (1) è una curva interpolante non lineare che comunque, attraverso un procedimento di anamorfosi, risulta linearizzabile.

In effetti passando ai logaritmi si ha:

log(h) = log(a) + nlog(t)

Tale espressione è una funzione del tipo: $Y = A_0 + A_1x$ (2)

Pertanto l'esame della curva non lineare (1) è stato ricondotto all'esamedella retta (2).

Applicando alla (2) il metodo dei minimi quadrati sono state valutate le costanti (A_0) ed (A_1) e quindi le costanti (a) ed (n).

La curva di possibilità climatica determinata con tempi di ritorno di 100 anni è:

$$\mathbf{h_{T=100} = 48.28 * t^{0.39}}$$

E' stato preso in considerazione un tempo di ritorno pari a 100 anni (evento eccezionale), come limite di rischio cautelativo accettabile in relazione alle opere previste, e soprattutto, alla fruibilità dell'area in oggetto da parte di persone durante l'anno medio.

Nell'espressione sopra riportata i valori di pioggia sono espressi in mm ed il tempo in ore. Questa curva permette quindi di calcolare la pioggia per un assegnato valore di durata e quindi la pioggia critica una volta calcolato il *tempo dicorrivazione* del bacino idrografico in esame.

Il tempo di corrivazione (t_c) , rispetto ad una determinata sezione di un corso d'acqua, si intende il tempo necessario affinché una particella d'acqua possa giungere dai punti più lontani del bacino fino alla sezione stessa.

Quindi se una pioggia ha una durata $t<t_c$ non tutta l'acqua del bacino defluirà contemporaneamente alla sezione considerata, cioè, alla fine della pioggia, la parte più lontana del bacino non avrà ancora fatto sentire il suo effetto nel deflusso.

Per la determinazione di tale parametro, che riveste importanza fondamentale in una analisi di questo tipo, in bibliografia e nella pratica, la formula più attendibile ed utilizzata è quella proposta da GIANDOTTI:

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5 * L}{0.80 * \sqrt{H_m}}$$

dove :

S = superficie del bacino (km^2)

L = lunghezza dell'asta principale del torrente (km)

H_m= altezza media del bacino rispetto alla sezioneconsiderata (m)

Nel caso in esame, sostituendo i parametri caratteristici relativi al bacino si ottiene: $t_c = 1.55$

E quindi, inserendo t_c nell'equazione della curva di possibilità climatica per un T=100 anni si ha che:

$$\mathbf{h_{T=100} = 48.28 * 1.55^{0.39} = 57.28\ mm}$$

Determinazione dei deflussi

In considerazione dell'entità dei parametri fisiografici ed ideologici caratteristici del bacino in esame, per la valutazione della portata di massima piena, prefissato un tempo di ritorno pari a 100 anni, è stato utilizzato il metodo della corrivazione che analizza il rapporto fra gli afflussi meteorici ricadenti nel bacino ed i deflussi attraverso una particolare sezione considerata.

In questa ottica la portata di massima piena è stata calcolata sulla sezione in corrispondenza dell'interferenza tra il torrente Fellinole e la strada Provinciale n.223 per S.Michele di Serino utilizzando la seguente espressione:

$$Q_{max} = \frac{1000\ Cd\ S\ h_T}{3600\ t_c} = 43{,}11\ m^3/sec$$

Nell'impiego della su indicata relazione, si fa l'ipotesi che la massima portata sia prodotta da una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino.

Calcoli idraulici

La sezione considerata, particolarmente significativa sia per la sua posizione, immediatamente a valle di un punto di naturale raccolta delle acque di ruscellamento superficiale che defluiscono lungo la strada provinciale per S. Michele, sia per le sue caratteristiche dimensionali, è stata misurata e ne è stata successivamente calcolata la superficie e il raggio idraulico.

Note le quote assolute del fondo del letto della sezione, è stata determinata la locale pendenza ed alla luce delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, in riferimento allo stato

manutentivo dell'alveo, è stato poi ipotizzato un determinato *coefficiente di scabrezza*, ricavato dalla bibliografia. Si è proceduto quindi alla determinazione della *Capacità di Smaltimento* delle portate in condizione di moto uniforme, utilizzando la formula di CHEZY:

V = x √Ri

Dove:

V = velocità media della corrente (m/sec)

I = pendenza longitudinale

R = raggio idraulico (m)

X (coefficiente riduttivo) = $\frac{1}{n}\sqrt[6]{R}$ (con n = coefficiente di scabrezza)

L'equazione del moto combinata all'equazione della continuità è: **Q = SV**

Dove:

Q = portata del corso d'acqua (m^3/sec)

S = superficie della sezione trasversale del corso d'acqua (m^2)

Con le modalità di calcolo indicate è stata verificata la portata massima ammissibile della sezione.

x	R (m)	I (%)	V (m/sec)	S (m^2)	Q (m^3/sec)
43.08	0.86	3.3	7.09	6.76	47.86

Dall'esame della portata ammissibile per la sezione idraulica considerata, così come riportato in tabella, si evince che essa è in grado di smaltire la portata di colmo centennale prevista cautelativamente pari a 43.11 m^3/sec.

E' possibile quindi affermare che il Torrente Fellinole presenta una sezione idraulica dell'alveo ordinario in grado di smaltire agevolmente una portata di colmo relativa ad un evento meteorico (eccezionale) con tempo di ritorno (centennale) cautelativamente accettabile.

In considerazione quindi che lo scenario d'evento attuale non subisca sostanziali modifiche, l'area considerata è caratterizzata da livelli di vulnerabilità idrogeologica bassi

6 INDAGINI CUI È POSSIBILE FARE RIFERIMENTO

Al fine di definire Il puntuale assetto locale, la specifica distribuzione verticale dei sedimenti presenti nell'ambito degli orizzonti geotecnici, le particolari caratteristiche stratigrafiche e giaciturali nonché le specifiche caratteristiche tecniche e sismiche dei terreni interessati dalle previsoni di piano, è stato possibile far riferimento ad una serie di indagini disponibili, eseguite in tempi diversi e comunque significative ai fine di uno studio generale del territorio.

Si è fatto quindi riferimento ad una campagna di indagine eseguita sull'intero territorio comunale nell'anno 1984 e relativa alla redazione del PRG allora adottato, non essendoci state attualmente variazioni sostanziali nell'individuazione di zone di espansione urbanistica.

In quella sede fu previsto:

* *esecuzione di n. 26 sondaggi geognostici con prelievo campioni*
* *prove ed analisi di laboratorio su n. 26 campioni indisturbati*
* *esecuzione di n. 20 profili sismici a rifrazione.*

Nel luglio 2002 ad integrazione dei dati già disponibili, sono state previste particolari indagini localizzate in corrispondenza di aree individuate nel Piano Straordinario Rischio Frane dell'Autorità di Bacino Liri-Volturno-Garigliano come aree di "Attenzione".

Le indagini previste sono state così articolate:

a) - esecuzione di n°4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;

b) - prelievo di n°5 campioni di terreno in forma indisturbata ;

c) - analisi e prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in corso di trivellazioni.

In questa fase, al fine di definire nel dettaglio il modello geologico e geotecnico del sottosuolo, per una profondità definita in ml 30 dal piano campagna, così come previsto dalle attuali normative tecniche, in funzione delle unità litotecniche presenti su territorio, del loro rapporto stratigrafico e geometrico ed in riferimento ai parametri fisico-meccanici che le caratterizzano, è stato previsto uno specifico piano d'indagine, eseguito nel periodo marzo-aprile 2008.

Tali indagini, volte ad una corretta valutazione dei fenomeni di amplificazione locale per le varie zone individuate, sono consistite in:

- *Esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, spinti per una profondità massima di ml 30.00 dal p.c., opportunamente condizionati con tubo in PVC;*
- *Prelievo di campioni indisturbati e successive analisi e prove di laboratorio;*
- *Esecuzione di prove SPT in foro in corrispondenza delle singole variazioni litologiche;*
- *Prospezioni sismiche a rifrazione in onde P ed S*
- *Prospezioni sismiche in foro tipo Down-Hole per la determinazione dei valori V_S*

In allegato vengono riportate le schede relative alle singole indagini disponibili.

6.1 Sondaggi meccanici

I sondaggi eseguiti nella campagna relativa al luglio 2002 sono stati spinti per una profondità di ml 20.00 dal p.c.. Essi, direttamente commissionati dall'Amministrazione Comunale ed eseguiti dalla società DIMMS srl di Avellino, sono stati ubicati, uno in corrispondenza della frazione Villa S.Nicola e tre in località Cerro del Comune Capoluogo. I sondaggi eseguiti in questa fase (marzo-aprile 2008) dalla C.M.G. Testing srl di Avellino, sono stati spinti per una profondità di ml 30.00 dal p.c. e ubicati in maniera ritenuta più significativa ai fini dell'obiettivo della ricerca (vedi elaborato relativo).

In tutti i casi i sondaggi sono stati eseguiti a rotazione, a secco o a limitata circolazione d'acqua, al fine di individuare anche piccole venute d'acqua, utilizzando il metodo del carotaggio continuo, ed hanno consentito la esatta individuazione dei terreni attraversati nel corso delle perforazioni e quindi la redazione delle relative colonne stratigrafiche.

Le operazioni di prelievo dei campioni indisturbati, eseguite nel corso delle operazioni di sondaggio, e nell'ambito dei diversi litotipi attraversati, sono state sempre condotte con l'ausilio di campionatori ad infissione con pareti sottili di tipo Shelby con bordo inferiore tagliente nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto L/D = 7 - diametro utile pari a mm 86.

I campioni, opportunamente siglati e sigillati venivano successivamente trasferiti al laboratorio per le necessarie analisi e prove.

Per i sondaggi è stata in tutti i casi utilizzata una attrezzatura a rotazione, con testa idraulica, con le seguenti caratteristiche tecniche salienti:

- *velocità massima di rotazione pari a 2300 giri/min.*
- *momento torcente max 2000 Kgm - min Kgm 1000 - corsa continua di mm 6500 - spinta sulla testa di rotazione 12000 Kg*
- *spinta di ritorno 15000 Kg - peso complessivo dell'attrezzatura Kg 18500*

E' stato sempre utilizzato un carotiere semplice con diametro nominale di mm 101 e non è stato necessario utilizzare tubi di rivestimento del foro di sondaggio.

Durante le operazioni di trivellazione, alle quote indicate nelle relative stratigrafie, sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test), prova standardizzata sia dalla ASTM (D1586), sia dal Sottocomitato ISSMEF (Associazione Geotecnica

Internazionale) per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle Raccomandazioni AGI (giugno 1977) per l'esecuzione delle indagini geotecniche. Le prove di laboratorio, eseguite nel primo caso a cura della DIMMS srl di Avellino, ditta esecutrice dei sondaggi, e nel secondo caso dal laboratorio ufficiale della c.m.g. testing srl, sono consistite nella determinazione delle principali proprietà fisiche e della resistenza meccanica. Le stratigrafie di ogni sondaggio e le più specifiche modalità esecutive vengono riportate nell'allegato relativo in cui vengono inoltre indicate le quote di prelievo dei campioni indisturbati.

Nella tabella seguente vengono riassunte le indagini disponibili cui è possibile fare riferimento:

INDAGINI IN SITO			
Verticale esplorata	Profondità raggiunta	SPT	Campioni prelevati
	m	n	n
Campagna luglio 2002			
S1	20.00	-	2
S2	20.00	-	-
S3	20.00	-	1
S4	20.00	-	2
Campagna marzo-aprile 2008			
S1/08	30.00	3	1
S2/08	30.00	3	1
S3/08	30.00	3	1
S4/08	30.00	4	-
S5/08	30.00	3	-

Alla fine di ogni sondaggio, in condizioni di regime statico, è stata misurata, con l'ausilio di freatimetro elettrico, l'eventuale falda idrica presente le cui quote vengono riportate nelle stratigrafie allegate.

6.2 Prove di laboratorio

I campioni prelevati in sede di sondaggi, rappresentativi dei termini più significativi delle sequenze presenti, sono stati sottoposti alle seguenti analisi e prove:

- caratterizzazione fisica generale (pesi di volume, contenuti in acqua, porosità, indici dei vuoti, saturazione);
- granulometria per setacciatura ed aereometria *(sequenza ASTM - densimetria con densimetro ASTM 152H);*
- taglio diretto in condizioni consolidate drenate;

I rapporti con i risultati delle singole prove sono riportati nell'allegato relativo.

6.3 Indagini sismiche

6.3.1 Prospezioni sismiche a rifrazione

Il metodo di indagine sismico si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde elastiche attraverso il terreno, a seguito di una energizzazione, appositamente provocata, capace di immettere nel terreno una banda di frequenza sismica tale da evidenziare gli obiettivi della ricerca in relazione ai componenti litologici del sottosuolo investigato. In questa fase sono state quindi misurate le velocità di propagazione delle onde di compressione (Vp) a seguito di sollecitazioni dinamiche verticali, in grado di produrre onde elastiche ad alta frequenza sismica.
La registrazione delle onde sismiche generate è avvenuta tramite un sistema di ricezione a 12 geofoni verticali con distanza intergeofonica di 5m, posizionati secondo stendimenti rettilinei ed ubicati verticalmente all'interno del terreno.
Sono stati effettuati 3 scoppi per ogni stendimento sismico: scoppi estremi sx e dx a 2.50 m dal primo e ultimo geofono, scoppio centrale tra i geofoni 6 - 7.
Sono stai previsti in questa fase n. 8 stendimenti di ml 60 ciascuno, distribuiti sul territorio in maniera da ottenere informazioni per tutte le unità litologiche affioranti.

6.3.2 Prospezioni sismiche in foro (down - hole)

L'indagine è stata condotta nei n. 5 fori di sondaggio eseguiti in questa ultima fase (opportunamente condizionati e cementati), per una profondità di ml 30.00 dal piano campagna, utilizzando la tecnica del tipo down-hole, con intervalli di registrazione pari a 1 ml.
Sono stati quindi individuati i valori delle velocità Vp e Vsh per i vari orizzonti sovrapposti, i cui risultati vengono riportati in allegato nelle relative schede. Nel caso specifico il punto di energizzazione è stato posto ad una distanza di ml 2.05 della testa del foro di sondaggio e la sua posizione è stata mantenuta fissa per l'intera prova. Sono state quindi effettuate tre registrazioni per ogni livello di indagine, due per le onde sh ed una per le onde p. L'arrivo dell'onda SH è stato individuato sulla base delle variazioni di frequenza del treno d'onda ed i valori relativi sono stati riportati su un diagramma profondità- tempi sul quale sono stati individuati i tratti a pendenza quasi costante e quindi determinati i valori delle velocità.

6.3.3 Strumentazione utilizzata

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo ad incremento di segnale ECHO 12 dell'Ambrogeo (Piacenza), di cui di seguito vengono riportate le specifiche tecniche:

- Schede di amplificazione e registrazione di ogni canale;
- Comando inversione polarità d'ingresso per ogni geofono;
- Regolazione di amplificazione per ogni canale compresa da 0 -100 a passi di 1 db;
- Regolazione tracce con incremento del segnale memorizzato;
- Regolazione tracce con decremento del segnale memorizzato;
- Blocco memoria che non consente l'incremento durante registrazioni successive;
- Visualizzazione grafica del rumore (disturbo) di fondo;
- Selezione della durata dei tempi di registrazione;
- Inserimento ritardo costante su tutti i canali;
- Visualizzazione dei tempi mediante cursore;
- mazza del peso di 8 Kg con interruttore starter di tipo meccanico, a contatto;
- accumulatore ricaricabile 12V 25A/h a tenuta ermetica per l'alimentazione del sistema;
- geofono tridirezionale per prove in foro DH-3D con diametro cm 65,

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI AFFIORANTI

Alla luce dei dati raccolti e dal riassunto combinato di quanto acquisito in sede di rilevamento è possibile definire i terreni presenti nell'ambito del territorio da un punto di vista geotecnico.
In effetti nell'area è possibile individuare tre tipologie geotecniche particolari, solo per caso coincidenti con certe differenziazioni idrogeologiche precedentemente espresse.
Esse verranno separatamente descritte con particolare finalizzazione agli scopi edilizi ed insediativi.

Aree con affioramenti di terreni litoidi e sublitoidi

Appartengono a tale unità le facies di piattaforma (calcari, brecce e brecciole calcaree), e per analogia, e per essere esse stesse una loro fase di esaurimento, le marne e le arenarie marnose, solo quando nella formazione in cui sono presenti esse rappresentano la frazione prevalente.
Dal punto di vista propriamente geotecnico, esse rappresentano terreni che non ricadono nel dominio elastoplastico di Terzaghi. Poiché la spinta passiva, intesa come resistenza di una massa di terreno ai movimenti imposti da una spinta laterale, non è più funzione della coesione, e solo in alcuni casi coinvolge parzialmente il peso specifico (frazione cataclastica sottile), il problema della resistenza a rottura di tali terreni viene così individuato.
Nei terreni calcarei litoidi o brecciati in grande ha solo significato la resistenza a fatica (stress

crash) ovvero l'effettiva capacità del litotipo di resistere a compressione. Essendo questa, specialmente per roccia non finemente cataclasizzata, di molto superiore a qualsiasi carico anche puntiforme e trasmissibile da un fabbricato, il problema si autoannulla senza particolari prescrizioni.
Analoga situazione ottimistica è data dagli affioramenti delle brecce e brecciole calcaree di fine ciclo di piattaforma. Tali materiali, sebbene non litoidi in senso stretto, possiedono elevatissimi angoli d'attrito. L'assenza di coesione ha scarsa influenza per tali terreni che vantano resistenza a rottura sempre elevata e, talora, prossima a quelle di crashing (frantumazione). Quindi, le operazioni di cantiere, in caso di sbancamento per opere di fondazione, portano comunque all'ablazione della frazione più alterata superficiale con miglioramento della già buona situazione generale.
La terza sequenza, rappresentata dalle marne e marne arenacee, presenta caratteristiche tecniche funzione diretta della frazione prevalente. Si esamineranno le sole facies litoidi, tralasciando le sequenze immerse in matrice plastica, la cui descrizione sarà fatta relativamente alle aree a sedimentazione miocenica. Le considerazioni sono le stesse dell'area precedente. L'unica differenza è che, anche a causa della più facile alterabilità delle sequenze, la resistenza allo schiacciamento, specialmente in corrispondenza degli spigoli, è maggiore. Ciò determina una più ridotta resistenza a rottura. Per i motivi finora espressi, non sono stati prelevati ed analizzati campioni in tali formazioni, non suscettibili di analisi geotecniche se non di quelle banali di accertamento delle caratteristiche fisiche (contenuti acqua, pesi specifici ecc...).

Aree di dominio dei sedimenti plastici miocenici

E' l'area più importante del comune, ed in essa sono localizzati gran parte dei sondaggi eseguiti. In tali terreni influiscono in maniera diversa parametri di tipo geologico, fisico, meccanico, geometrico. L'elemento più importante è rappresentato dalla frazione granulometricamente prevalente.
L'esame dei risultati delle prove di laboratorio evidenzia come quasi tutti i terreni siano riferibili a limi sabbiosi e, subordinatamente, a sabbie limose. Tali materiali risultano caratterizzati fisicamente da pesi specifici medio elevati, compresi nell'intorno di 1.70 – 1.80 g/cm3, che talora, possono raggiungere valori superiori a 2. Generalmente il peso di volume è direttamente proporzionale alla profondità di prelievo ed è funzione diretta dello stato di preconsolidazione dei sedimenti.
I contenuti d'acqua di tali terreni, anche in funzione dello stato di preconsolidazione, sono generalmente modesti e prossimi al 20%, ma gli indici dei vuoti dimostrano la scarsa porosità dell'insieme raggiungendosi gradi di saturazione quasi sempre prossimi al 100%.

I valori di resistenza a rottura sono quelli tipici dei sedimenti a media coesività ed angoli d'attrito, nella norma per il tipo litologico, di circa 19° – 22°.
Si tratta di valori piuttosto uniformi, senza sostanziali variazioni; essi evidenziano la classica resistenza in condizioni drenate, ossia in condizioni di verifica a lungo termine. Per quelle a breve termine non sono state eseguite prove di rottura ad espansione laterale libera, in quanto troppo dipendenti dalle condizioni locali di imbibizione e di alterazione variabili nel tempo e legate a specifiche circostanze locali per essere significative in un'ottica generale tipica di un piano regolatore.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza alla compressione dei terreni, le prove edometriche hanno evidenziato variazioni ben più ampie dei valori del modulo edometrico che, per uniformità di analisi, è stato fissato tra 10 e 20 Kpa, valore rappresentativo di buona parte dei carichi unitari trasmessi da generici fabbricati per uso civile ed industriale.
Si passa dai 290 Kpa del campione S5C1, valore ridotto anche in considerazione della superficialità dell'affioramento, ai quasi 1300 Kpa del campione S21C3 che evidenzia stati di preconsolidazione notevoli, evidenziati anche da rigonfiamenti del provino ai carichi minori.
Ciò dimostra che i terreni, pur possedendo caratteristiche piuttosto uniformi nei confronti della rottura (essendo, in fase drenata, i parametri di c' e ϕ ' poco influenzati dalla presenza d'acqua), sono estremamente sensibili alla presenza d'acqua che influisce, in modo talora determinante, sulle caratteristiche di preconsolidazione dei campioni.
Come è noto, la rapidità dei cedimenti che possono accadere in un terreno, se sottoposto a carichi, è diretta funzione della permeabilità (e della capacità di espulsione dell'acqua) degli stessi. In questo caso i cedimenti sono essenzialmente a lungo termine per la difficile e lenta fuoriuscita dell'acqua dai pori. E' quindi importante che lo stato di preconsolidazione sia conservato, giocando questo immediatamente a favore della resistenza e del cedimento (oltre che a rottura, in fase di espansione laterale libera).
E' necessario, quindi, accertare per tali terreni, di volta in volta, le effettive caratteristiche tecniche dei terreni di fondazione, tenendo conto della loro estrema sensibilità a variazioni anche modeste di alcuni parametri fisici, primo tra tutti l'acqua di imbibizione. L'accertamento puntiforme consentirà l'individuazione delle caratteristiche tecniche dei terreni destinati a sopportare i nuovi carichi, anche in riferimento ai dati ottenuti dagli accertamenti effettuati, ed il corretto dimensionamento delle strutture fondali.
E' possibile, comunque, pur nell'ambito di questa stessa formazione, definire alcune aree generali che per diversi motivi possono essere raggruppate in categorie ad analogo comportamento. Nell'individuazione di tali aree risultano fondamentali tre fattori: morfologia, intensità dei fenomeni di alterazione ed infiltrazione, possibilità di accumulo o comunque di trasporto.

Poiché, in tale categoria, sono comprese anche le sequenze marnoso- arenacee in facies di flysch, nelle quali le sequenze litoidi o a granulometria comunque grossolana sono quasi sempre inglobate in sequenze argillitiche fini (avana o grigiastro), tali categorie, almeno a livello generale, possono essere, data anche la subordinazione numerica, considerate irrilevanti e comunque assimilabili, come comportamento, alla formazione che le ingloba.
Tra i fattori condizionanti, la morfologia riveste un valore rilevante, consentendo in cresta, i processi erosivi più intensi e, a valle, gli accumuli più interni. Nel primo caso, per la continua ablazione ed erosione, risultano a giorno complessi consolidati o comunque a caratteristiche tecniche originali. Il materiale ablato, accumulato lungo i pendii ed a fondo valle, invece, forma accumuli a caratteristiche mediocri che, comunque, data anche la limitata estensione del complesso, risultano generalmente di spessore modesto e localizzati, sovente a coltri più potenti lungo l'alveo dei valloni.
Di norma risulta non prudente utilizzare tali terreni, specialmente in pendio, per suoli di fondazione. La carta delle tendenze morfoevolutive evidenzia alcuni fenomeni di scollamento ed erosione diffusa che rappresenta l'effettiva attuale fase deposizionale e di ritrasporto delle frazioni superficiali ritrasportate.
Il comune capoluogo, essendo situato in buona parte su una dorsale, gode di una situazione, dal punto di vista geotecnica, favorevole, in ciò favorito anche dall'azione protettiva e drenante delle infrastrutture urbane.
E' pertanto semplice, in tali aree, reperire a modeste profondità, sequenze mioceniche inalterate, adatte a sopportare nuovi carichi.
La frazione Villa S. Nicola, invece, è situata lungo un versante, in parte a mezza costa ed in parte a fondo valle; quella ricadente sulle suddette formazioni si trova in corrispondenza dei fenomeni di accumulo più interno.
E' necessario, quindi, un accertamento locale puntiforme più accurato che consenta giuste scelte fondali in funzione delle effettive caratteristiche tecniche dei terreni.

Aree di influenza delle sequenze quaternarie

Per quanto riguarda l'affioramento tufaceo di Fontana Frestole, è da evidenziare la modestia dell'affioramento e la ancora più modesta probabilità quale sede di insediamento edilizio. Comunque, in tali ipotesi, occorre tener conto della spinta alterazione e della forta acclività del fronte d'affioramento di stabilità e di resistenza sui bordi. Si sconsiglia, per tali motivi, l'utilizzo della fascia di almeno 10 m dal coronamento dell'affioramento.
Le sequenze quaternarie sciolte, siano esse piroclastiche o di tipo detritico alluvionale, sono caratterizzate da una granulometria molto variabile e generalmente grossolana.

La loro giacitura recente o ancora in attualità, le dota generalmente di pesi di volume modesti, compresi nell'intorno di 1.50-1.60 g/cm3, e la loro elevata porosità determina permeabilità tali da portare a contenuti naturale d'acqua modesti ed a saturazioni prossime al 50%.

Tali parametri vanno inoltre visti nella particolare ottica del loro rimaneggiamento e frammistione a materiali di erosione delle sequenze mioceniche, cosa che giustificherebbe la talora possibile presenza di fenomeni di coesione, di cui però, è opportuno non tener conto.
La loro granulometria grossolana, dal punto di vista geotecnico, si traduce in angoli d'attrito interno medio-elevati, cosa che, anche in considerazione della regolare morfologia delle aree, li dota, a livello generale, di buona resistenza a rottura. Per tali terreni però, più che nel discorso della resistenza a rottura, occorre inquadrarne il comportamento nei confronti dei cedimenti.
Contrariamente a quanto avveniva con i limi e le argille mioceniche, la buona permeabilità per porosità di questi terreni, solo a luoghi inficiata dai fenomeni di argillificazione già descritti, garantisce la pressoché totale assenza di pressioni interstiziali all'applicazione del carico.
In effetti anche grazie all'elevato indice dei vuoti, si verificano, quando tali terreni sono interessati da incrementi di carico indotti da strutture fondali, cedimenti non trascurabili che però possiedono due caratteristiche positive: buona uniformità e relativa rigidità del fenomeno, che tende ad esaurirsi in tempi brevi di fine costruzione.
E' opportuno comunque precisare che nell'ambito del quaternario, specie alluvionale, è possibile rinvenire terreni a caratteristiche tecniche diverse da quelle finora descritte. L'esempio più evidente è rappresentato dalle ghiaie fluviali dell'alveo del Sabato, in cui la particolare distribuzione granulometrica determina valori di resistenza a rottura elevati e cedimenti intrinseci praticamente inesistenti.
Purtroppo tale situazione non è assolutamente generalizzabile in quanto le lenti ed i letti ghiaiosi sono nella quasi totalità localizzati arealmente e di ridotto spessore. Il loro comportamento intrinseco è quasi sempre annullato e mascherato dai complessi limosi a letto di essi, che ne condizionano il comportamento imponendo le loro diverse caratteristiche.
Ancora, a valle, sia in corrispondenza dell'alveo del Fellinele che del Sabato, la presenza della falda acquifera prossima alla superficie è d'importanza fondamentale nel comportamento meccanico dei terreni e, ancora più, come si vedrà, assume grande importanza nella determinazione dell'incremento sismico locale.

8 CARATTERISTICHE DI STABILITÀ E MORFOEVOLUTIVE DELL'AREA

Alla luce di quanto fin qui esposto ed in riferimento alle risultanze relative al rilevamento eseguito in questa fase e finalizzato all'accertamento delle attuali condizioni geostatiche dei versanti presenti, è possibile affermare che sul territorio comunale di Cesinali non sono evidenti

particolarmente condizioni di inabilità né potenziali né in atto ed in generale i versanti sono da considerarsi in generale dotati di un buon equilibrio geostatico.
In effetti, escludendo le aree di competenza dei calcari, dove, ipotesi al limite del verosimile, potrebbero verificarsi solo fenomeni localizzati di crollo e rotolio, e delle facies breccioidi, dove l'erosione ed il dilavamento hanno privato le coltri superficiali della frazione fine migliorandone in pratica la capacità di resistenza all'ablazione, restano, più interessanti, le aree ricadenti nel dominio delle argille mioceniche.
In tali terreni la resistenza al taglio è diretta funzione della perdita di preconsolidazione dei terreni a causa delle acque di circolazione superficiale.
Avendo evidenziato i numerosi sondaggi eseguiti che, generalmente, al di sotto di coltri superficiali, peraltro di ridotto spessore, i fenomeni di preconsolidazione sono pressoché conservati intatti, appare evidente che la possibilità di sviluppo di movimenti notevoli del terreno, che in questo caso sarebbero del tipo cedimento, sono da collegare eventualmente solo a situazioni particolari, comunque localizzate.
La buona stabilità generale dei versanti presenti in zona è stata accertata analiticamente procedendo, sulla base delle specifiche conoscenze acquisite in relazione alle caratteristiche geotecniche, topografiche ed idrogeologiche dei terreni, alla determinazione dei coefficienti di sicurezza di una serie di pendii tra i più acclivi nel territorio comunale. In pratica per una serie di profili topografici scelti in modo da rappresentare in maniera abbastanza completa tutte le possibilità morfologiche presenti sul territorio, sono state eseguite analitiche verifiche di stabilità con diversi metodi.
Le verifiche sono state condotte con diversi metodi (Bishop-Sarma-Janbu) in considerazione di una componente sismica orizzontale e verticale rispettivamente di 0.1562 e 0.0780 così come previsto dalle normative vigenti (vedi relazione di calcolo).
L'esame generale del territorio evidenzia comunque alcuni fenomeni di scollamento, scalzamento al piede e soliflusso lungo il versante opposto a quello della località Fontana Frestole.
Si tratta di fenomeni puntiformi dovuti essenzialmente allo stato di abbandono dei terreni, all'azione delle acque di ruscellamento superficiali e selvagge ed all'azione di scalzamento al piede delle acque del vallone Fellinele.
Altri fenomeni rilevanti non sono presenti anche se esiste, a nord del cimitero comunale, una situazione di parziale dissesto ricadente nel comune di Atripalda e che non comprende, neppure con le aree di coronamento, zone di interesse edilizio.
La buona stabilità dei terreni in oggetto risulta sottolineata anche dalla storia recente che lascia registrare la completa assenza di fenomeni di evoluzione di masse dei versanti con modalità disastrose

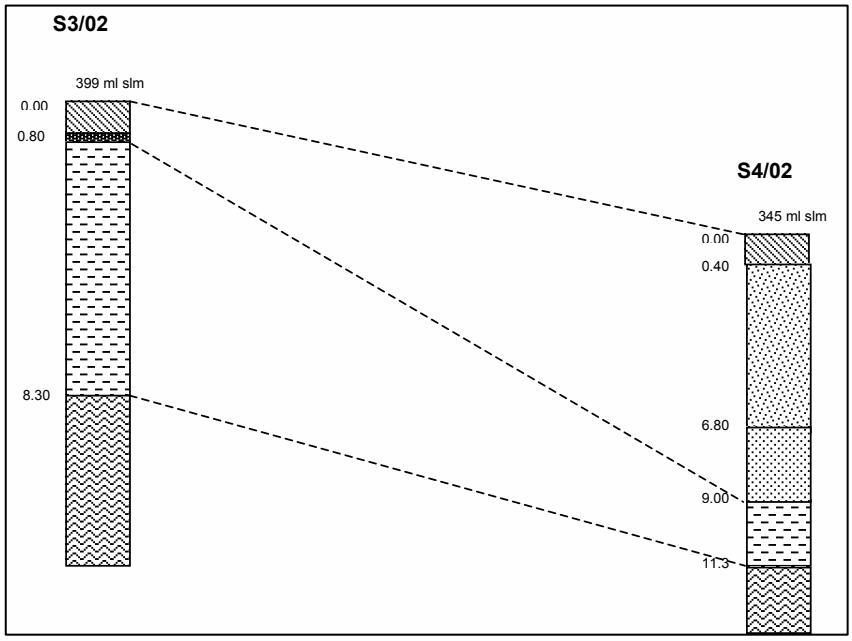
9 COMPATIBILITÀ URBANISTICA CON IL PIANO STRAORDINARIO DELL'AUTORITÀ DI BACINO.

Il comune di Cesinali ricade nelle aree di competenza dell'Autorità di Bacino Liri-Volturno-Garigliano. Tale autorità, negli studi effettuati ha individuato nel Piano Straordinario Rischio Frane due aree perimetrandole come aree di Attenzione.
Le aree in questione, localizzate a sud del centro abitato del capoluogo, in località Salice ed a nord del centro abitato della frazione Villa S.Nicola, in località S.Gregorio, sono state individuate come "frane di tipo scorrimento-colata" in stato di quiescenza.
Le aree nominate risultano attualmente parzialmente interessate da previsioni di insediamenti edilizi.
Nella campagna d'indagini eseguita nel luglio 2002 furono previste direttamente in zona, particolari indagini dettagliate finalizzate all'accertamento delle effettive condizioni di stabilità. Furono quindi eseguiti sondaggi meccanici a carotaggio continuo e prelevati campioni indisturbati sottoposti ad opportune analisi e prove di laboratorio, così come indicato dall'Autorità di Bacino con lettera prot.n.1349 del 19/06/02.
Di seguito vengono riportate, nel dettaglio delle singole aree, le risultanze all'epoca ottenute:

Area ubicata in località Salice del comune capoluogo

L'area individuata (vedi elaborato grafico relativo) risulta ubicata in sinistra del vallone Fellinele, affluente in sx del Fiume Sabato, e si estende in direzione ovest-est interessando una stretta fascia di territorio che va dal confine con il comune di Aiello del Sabato, nella parte più a monte (399 ml s.l.m.) alla strada Provinciale in località Oratorio (335 ml s.l.m.).
Essa ricade in una tipica configurazione valliva dominata dall'alveo del corso d'acqua nominato, in corrispondenza di un versante monoclinalico ben individuato con superfici regolari e ben raccordate alle quote di fondovalle.
Dal punto di vista geolitologico il versante ricade nel dominio del complesso terrigeno terziario già descritto, rappresentato da sequenze fini di mare sottile o di media profondità.
Si tratta di limi e limi argillosi grigi o vinaccia, generalmente fortemente costipati e talora pseudoscagliosi, ben consolidati, tenaci, passanti lateralmente a coltri e sequenze più sabbiose o limoso-sabbiose, in lenti o sacche o, ancora, lembi e brandelli di materiale litoide eterogeneo, prevalentemente calcareo.
Le coperture piroclastiche quaternarie risultano in zona estremamente ridotte (0.40-0.80 ml) nella parte più a monte, mentre raggiungono i 9.00 ml (vedi sondaggio n.S4/02) alle quote più basse dove la morfologia diventa più regolare e le superfici meno acclivi.
Le sequenze argillose mioceniche poste a costituire il locale substrato, rappresentano il termine

meno permeabile tra gli affioramenti presenti a livello regionale, con permeabilità ridotte o praticamente impermeabili, e solo localmente, permeabili da strato a strato.
Si tratta come già accennato di materiali prevalentemente sottili, scarsamente suscettibili di capacità di assorbimento, che smaltiscono la maggior parte delle acque meteoriche tramite ruscellamento superficiale, sia incanalato che diffuso. Per questi terreni i valori di permeabilità risultano compresi tra 10-3 e 10-5 cm/sec.
Non esiste quindi una falda idrica di qualche importanza né sono state rinvenute nell'ambito dei carotaggi, venute d'acqua significative tali da condizionare gli equilibri geostatica del versante.
Al fine di definire nel dettaglio della specifica area le attuali condizioni di stabilità della zona, sono stati eseguiti n.2 sondaggi meccanici con le modalità e specifiche tecniche già precedentemente illustrate.
I sondaggi eseguiti in questa fase, opportunamente correlati con i dati già disponibili, hanno confermato una globale buona stabilità dell'area, lasciando chiaramente intendere che le tipologie morfologiche attualmente osservabili in superficie sono da ricondurre unicamente a localizzati fenomeni di colamento circoscritti alle coltri più superficiali e dislocati nella parte a monte della strada comunale Via dei Greci. In questa zona le superfici si mostrano a pendenza relativamente più elevata e sono riscontrabili fenomeni puntiformi di colamento e soliflusso da imputare essenzialmente allo stato di abbandono cui versano i terreni ed alla presenza a monte (territorio comunale di Aiello del Sabato) di una condotta fognaria probabilmente non in perfetta efficienza. Dall'esame delle colonne stratigrafiche redatte, è stata accertata la presenza, nel sondaggio S3/02 (vedi ubicazione punti d'indagine), a ml 1.60 di un sottile livello di potenza di cm 20, costituito da sedimenti più francamente sabbiosi, saturi, a consistenza molle, in corrispondenza del quale, in presenza di concause, potrebbero verificarsi cedimenti al taglio con conseguenti lenti e ridotti scorrimenti. Il sondaggio S4/02, eseguito nella parte più a valle dove la morfologia risulta più regolare e le pendenze meno accentuate, ha messo in evidenza la presenza di una coltre recente di copertura costituita da piroclastiti più o meno argillificate, in possesso di requisiti meccanici nella norma per il tipo litologico (C'=0.10 kg/cm2 e Φ' = 30.8°). Questi depositi, la cui genesi deposizionale è da riferire ad intensi fenomeni di trasporto solido, sono stati attraversati fino alla profondità di 9.00 dall'attuale p.c. e la loro spinta argillificazione testimonia la ormai completa stabilizzazione. Il substrato comune all'intera area (vedi schema sezione geotecnica di seguito riportato) risulta, in fine, costituito dai tenaci sedimenti miocenici in possesso di elevati gradi di preconsolidazione, sottosaturi ed estremamente resistenti.



- Ripporto

- Suolo merastro alterato con inglobato abbondante materiale organico

- Piroclastici più o meno argillificate
(γ = 1.79 g/cm^3; γ_g = 2.70 g/cm^3 c' = 0.10 kg/cmq ; ϕ' = 30.8°)

- Sabbia limosa piroclastica, satura, a consistenza molle.
(γ = 1.69 g/cm^3 ; γ_g = 2.80 g/cm^3 C' = 0.18 kg/cmq ; ϕ = 25.30°)

- Limo argilloso ben consolidato
(γ = 1.72 g/cm^3 ; c' = 0.21 Kg/cmq ; ϕ' = 26.90°)

- Argilla azzurra sovraconsolidata.
(γ = 2.05 g/cm^3 ; C' = 0.266 kg/cmq ; ϕ' = 24.5°)

Alla luce quindi di quanto acquisito in sede di indagini particolareggiate e dal riassunto combinato di tutti gli elementi disponibili, è possibile affermare che nell'ambito della specifica area non risultano presenti fattori né predisponenti né determinanti di entità tale da innescare disequilibri geostatici profondi o generalizzati.

La stabilità attuale del versante è stata peraltro in questa sede valutata analiticamente attraverso una verifica effettuata da cui è scaturito un coefficiente di sicurezza minimo di 1.20 (metodo Sarma).
In effetti la configurazione morfologica del versante, a valle della comunale Greci, appare regolare e priva di bruschi salti, attualmente regolarizzata dalla ridistribuzione delle coperture piroclastiche e decisamente in accordo con la natura geolitologica dei terreni più profondi, i quali risultano in possesso di spessori tali da assicurare una buona potenziale stabilità.
La circolazione delle acque superficiali risulta ininfluente in quanto naturalmente ben regimata e drenata da efficienti opere di contenimento (gradoni di gabbionate e muretti in calcestruzzo) presenti in corrispondenza delle comunali Greci e Salice che attraversano trasversalmente, a varie quote, l'intera area.

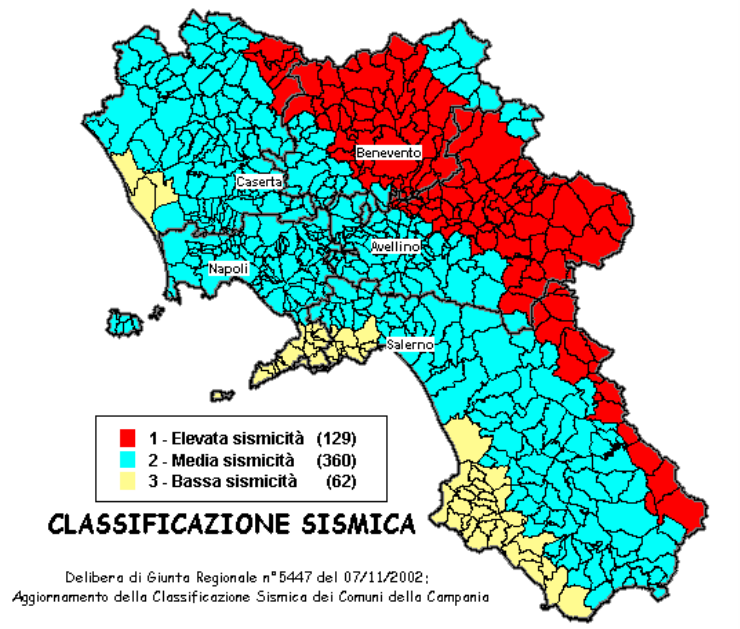
Area ubicata in località S.Gregorio alla frazione Villa S.Nicola.

Nell'ambito del versante che si sviluppa in destra orografica del fiume Sabato, alla frazione Villa S.Nicola, sono state individuate due aree di "Attenzione", una ubicata a confine con il comune di S.Stefano del Sole, nella parte più settendrionale del territorio comunale, che per la sua dislocazione areale non risulta interessata da alcuna previsione di piano e l'altra ubicata in località S.Gregorio, che si sviluppa a monte del centro abitato della frazione, in direzione subparallela alla comunale S.Gregorio.
L'intero versante risulta inserito in un contesto morfologico molto ben individuato, rappresentato da una tipica configurazione collinare con superfici regolari mai rotte da bruschi salti e decisamente condizionate dalla natura geolitologica dei sedimenti costituenti il locale substrato.
Esso si estende in destra del vallone dei Cerri nell'ambito di una regolare struttura che da quote di 411- 460 ml s.l.m., degrada con pendenze variabili fino a raggiungere la quota intorno ai 330 ml s.l.m. alla confluenza con il fiume Sabato.
Dal punto di vista geolitologico anche questo versante ricade nel dominio del complesso terrigeno terziario che interessa gran parte del territorio comunale.
Si tratta di terreni che localmente mostrano il rapido esaurirsi della fase regressiva, passando ad una serie detritica breccioide fine a luoghi alterata. Si tratta di una formazione in continuità di sedimentazione che da materiali abissali e batiali passa ad una facies di banchina fino ad esaurirsi in sequenze selcifere e marnoso-arenacee, inserite ed inglobate nel complesso

terziario costituito da limi e limi argillosi compatti e fortemente costipati.
Le coperture piroclastiche quaternarie risultano localmente estremamente ridotte o assenti alle quote più alte (411 ml s.l.m.), mentre raggiungono i 12 ml in corrispondenza del sondaggio n.21 alle quote di fondo valle (326 ml s.l.m.).
Le sequenze breccioidi mioceniche poste a costituire il locale substrato, rappresentano il termine meno permeabile tra gli affioramenti presenti ed il loro grado di permeabilità non consente l'instaurarsi di una falda idrica di qualche importanza né sono state rinvenute nell'ambito dei sondaggi, venute d'acqua significative tali da condizionare la stabilità globale del versante.
Nell'ambito dell'area individuata direttamente a monte del centro abitato della frazione, in località S.Gregorio, interessata da una previsione di piano di edilizia agricola poco incidente al suolo, al fine di definire nel dettaglio le attuali condizioni di stabilità della zona, è stato eseguito in questa fase un sondaggio meccanico, con le modalità e specifiche tecniche già precedentemente illustrate
I dati raccolti, opportunamente correlati con quelli già disponibili, hanno confermato una globale buona stabilità dell'area, lasciando chiaramente intendere che la tipologia morfologica attualmente osservabile in superficie è da riferire ad una configurazione di frana antica ormai inattiva e del tutto esaurita. Non esistono, quindi, attualmente condizioni predisponenti riferibili ad intrinseche caratteristiche del versante, sia dal punto di vista morfologico più generale, sia dal punto di vista geolitologico nel dettaglio della specifica area. Le ridotte coperture piroclastiche presenti, costituite da piroclastiti a spinta argillificazione, risultano in possesso di caratteristiche tecniche nella norma per il tipo litologico, con coesione drenata ed attrito interno che le dota di buoni requisiti di resistenza al taglio. I sedimenti di base, rappresentati da sequenze breccioidi inglobate in abbondante matrice limoso-sabbiosa, ben consolidati e resistenti, risultano in possesso di elevati gradi di preconsolidazione e le caratteristiche di resistenza intriseche risultano decisamente compatibili con la regolare ed ormai stabilizzata configurazione morfologica del versante.
La stabilità attuale del versante è stata in questa sede valutata analiticamente attraverso una verifica effettuata con il metodo di Fellenius da cui è scaturito un coefficiente di sicurezza minimo di 2.61 (vedi allegatoVS1).

10 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO COMUNALE.

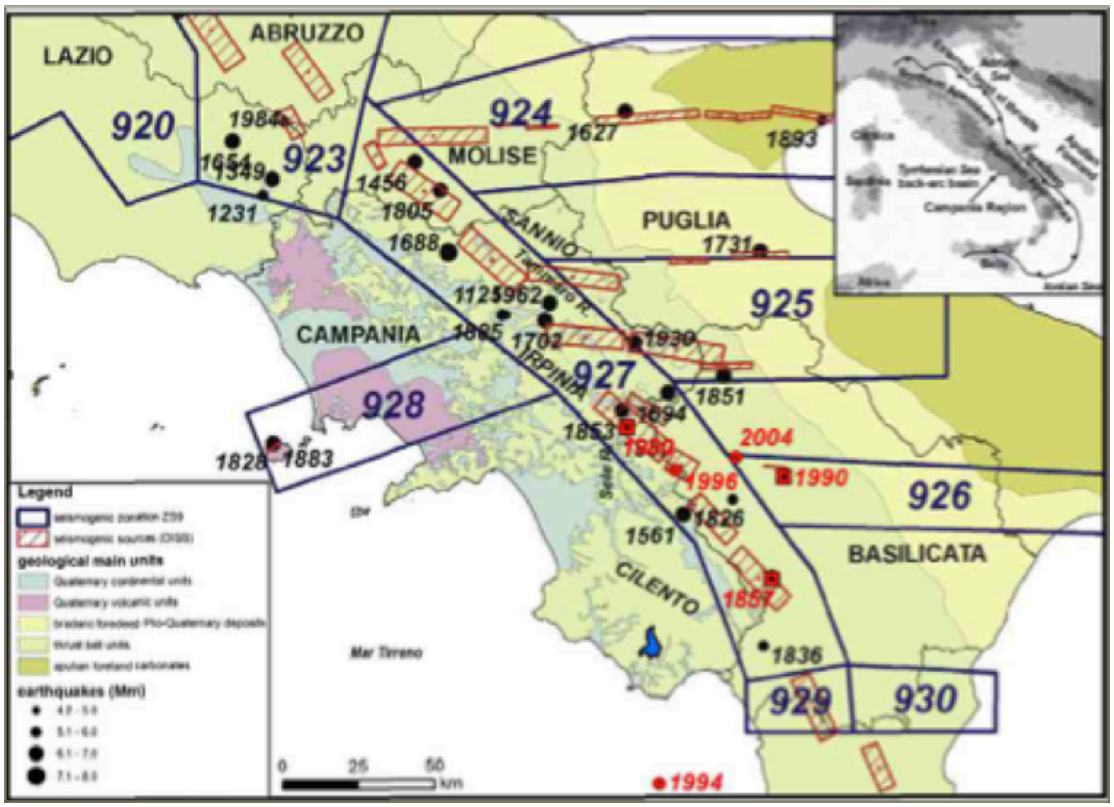
IL territori comunale Cesinali, con la Delibera della Giunta Regionale campana n° 5447 del 07/11/2002 (Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania), è stato classificato a media sismicità ed inserito nella Zona Sismica 2 .



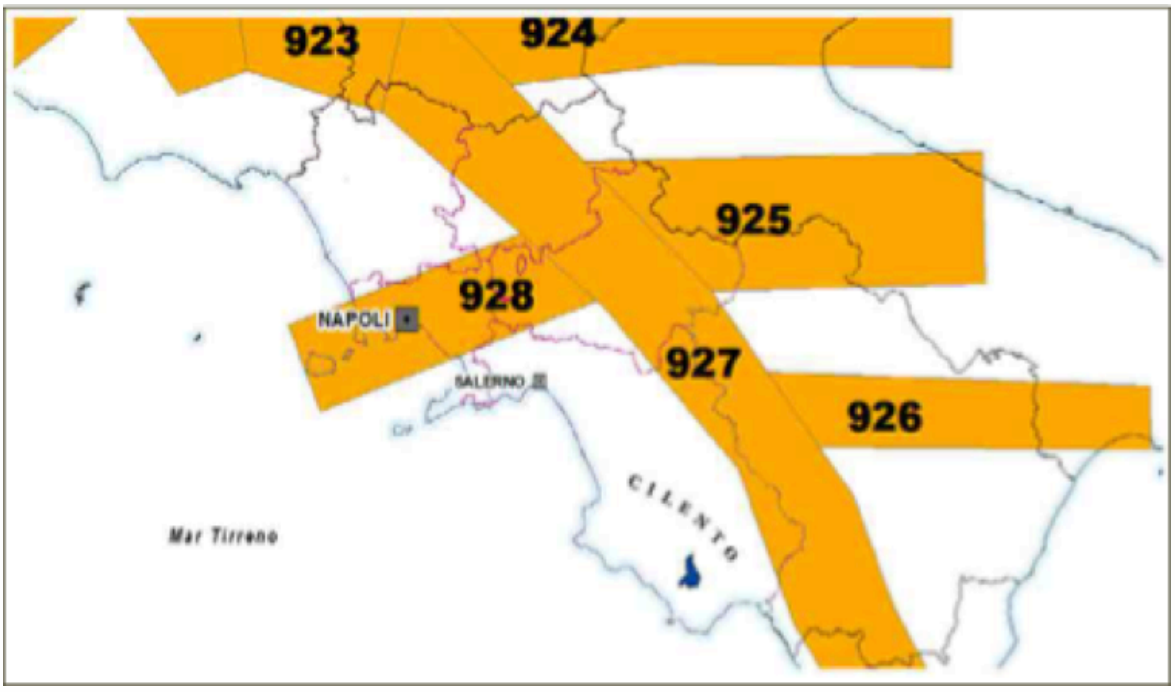
Tale assegnazione è stata mantenuta anche nella successiva Classificazione sismica del Territorio Nazionale, di cui all'Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/2003, dove la zona sismica 2 è identificata da valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi nell'intervallo 0.15g÷0.25g.

Dal punto di vista sismico il territorio del Comune di Cesinali, presenta un rischio derivante dalla sua ubicazione rispetto alla catena appenninica che fin dal Pleistocene medio è stato ed è tuttora interessato da una tettonioca in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche responsabili dei principali eventi sismici. Le isosisme dei maggiori terremoti dell'appennino Campano-Lucano mostrano che le aree a più elevata intensità sono allungate secondo l'asse della catena.

Le sorgenti sismogenetiche sono associate principalmente a faglie normali con direzione NW-SE; i sismi hanno meccanismi focali di tipo distensivo con ipocentri localizzati a profondità di 8-12 km. All'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia sismica corrisponde la Zona Sismogenetica 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata) della Zonazione Sismogenetica ZS956 prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004



(Mappa sismologica dell'Appennino meridionale - PAOLETTI, V., TARALLO, D., MATANO, F., & RAPOLLA, A.)



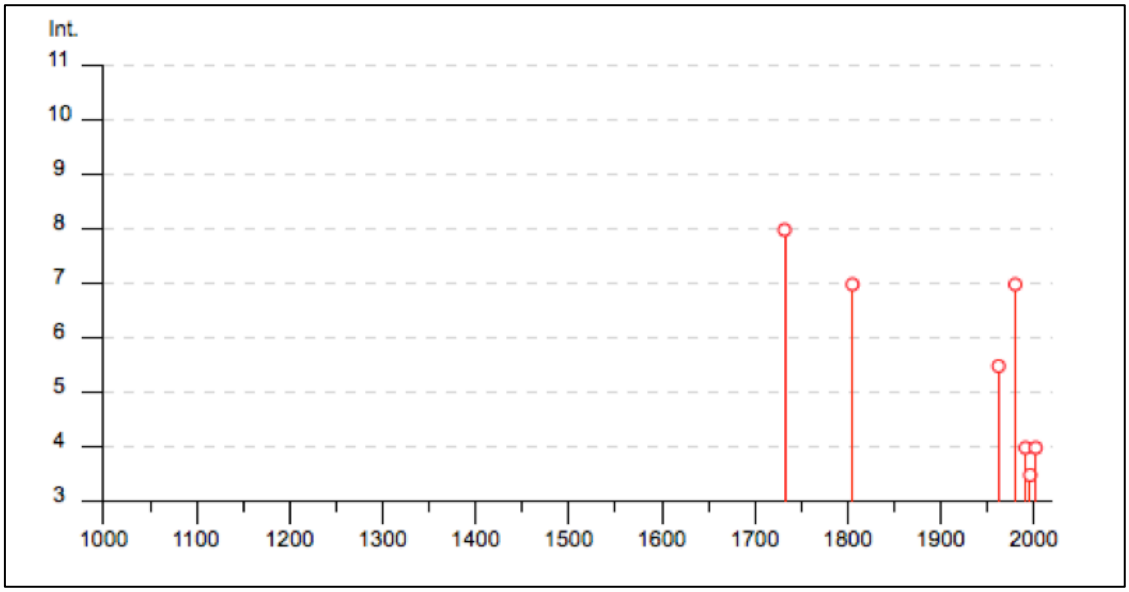
(Zonazione sismogenetica ZS9 per l'appennino meridionale)

Osservazioni i per il territorio comunale secondo la nuova versione del Catalogo Parametrico Terremoti Italiani (CPTI15):

Cesinali** (Place ID) : **IT_60682

Coordinate (lat, lon.) : 40.89-5, 14.829

Numero eventi riportati : 8



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
7	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72

(Eventi sismici con intensità macrosismica maggiore o uguale a 4 avvertiti nel Comune di Cesinali)

10.1 Pericolosità sismica di riferimento del territorio comunale.

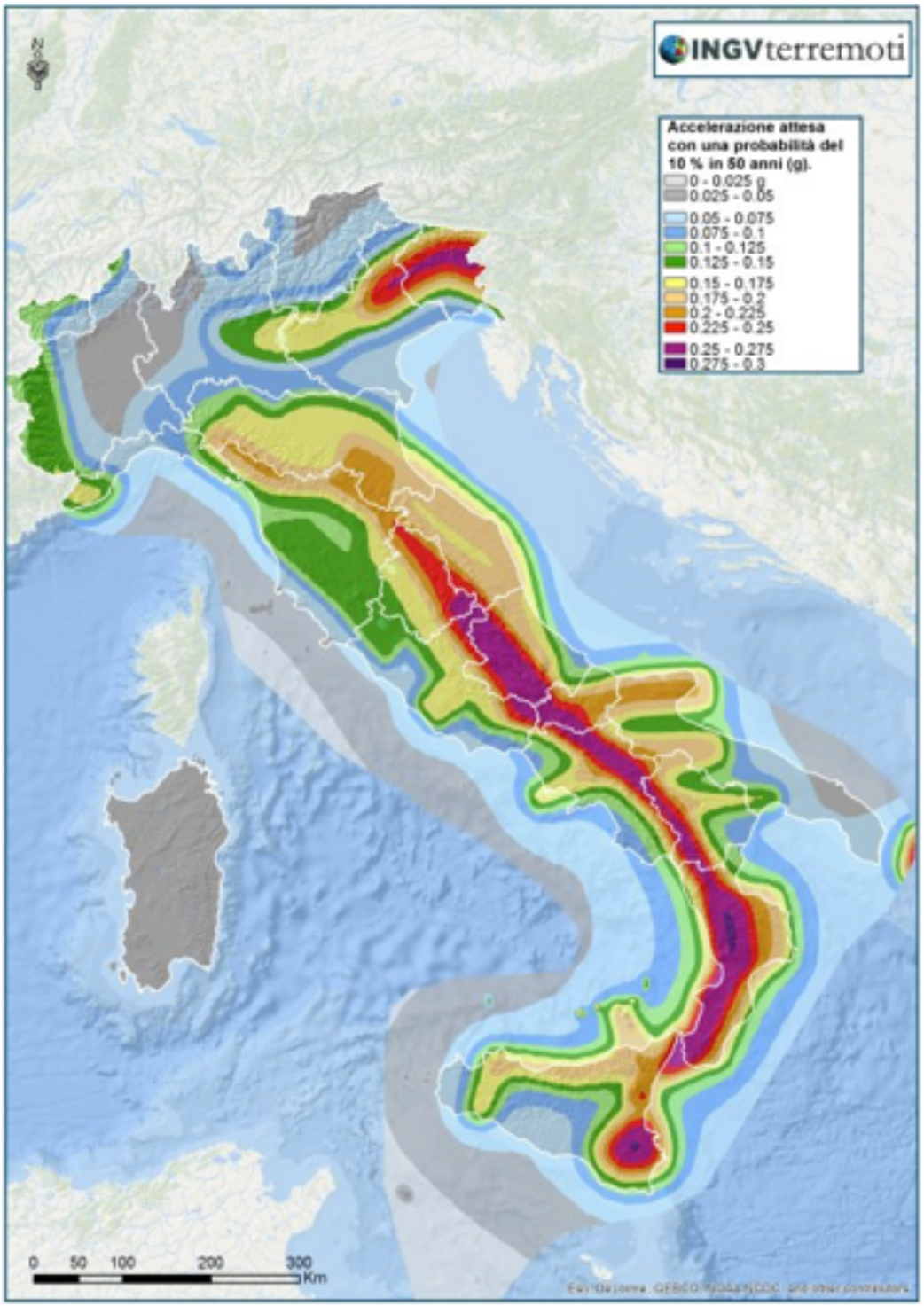
La pericolosità sismica è intesa come lo scuotimento del suolo atteso in un determinate sito a causa di un terremoto. Essendo prevalentemente un'analisi di tipo probabilistico, si può definire un certo scuotimento solo associato alla probabilità di accadimento nel prossimo futuro.

La pericolosità sismica di riferimento rappresenta il dato di partenza per la determinazione dell'azione sismica sulle strutture antropiche. Essa è calcolata per condizioni litostratigrafiche e morfologiche ideali, rappresentate da un ipotetico sottosuolo rigido con superficie al piano

campagna pianeggiante.

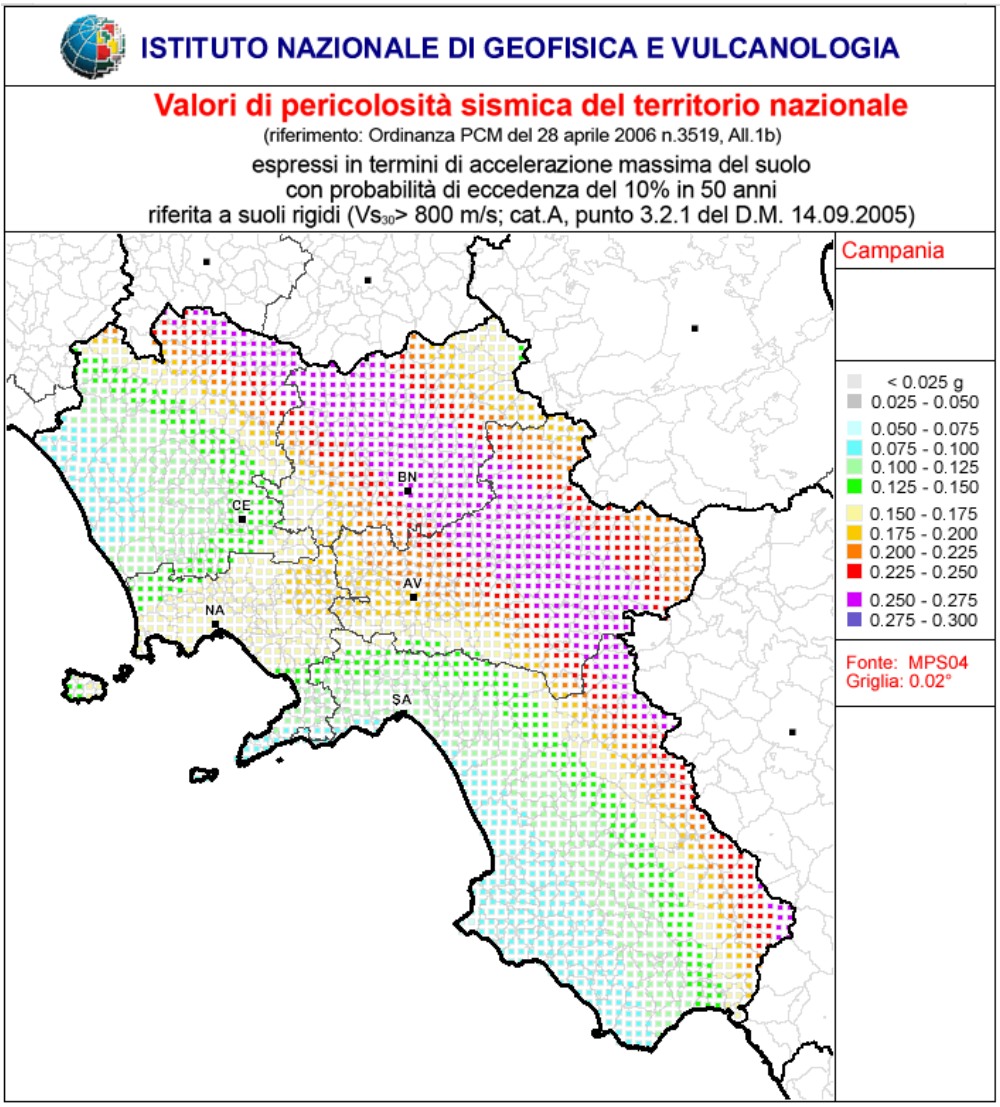
Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006 è stato adottato lo studio della pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, elaborato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell'ambito del progetto per la realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica (2004).

Tale studio costituisce la base scientifica per la classificazione sismica dei Comuni italiani, fornendo la valutazione della pericolosità sismica attraverso il parametro $a_g$max, che è l'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido (Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Si ricorda che l'accelerazione sismica orizzontale a_g è espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g pari a 9.81 m/s^2.



(Pericolosità sismica del territorio nazionale - Ordinanza PCM n. 3519/2006).

I valori dell'accelerazione massima attesa sono stati calcolati per i nodi di due griglie con passo rispettivamente di 0.05° (≈ 5.5 km) e 0.02° (≈ 2.2 km) che coprono l'intero territorio nazionale.
La figura seguente mostra la griglia di calcolo con passo 0.02° per il territorio della Regione Campania.



Attualmente le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni *(D.M. 17.01.2018 – Circolare 21 gennaio 2019 N.7 C.S.LL.PP.)*, prescrivono che per ogni costruzione si deve adottare un'accelerazione di riferimento individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Ciò comporta che la classificazione sismica comunale, regionale e nazionale, non ha più influenza sulle progettazioni, conservando solo valenza amministrativa.

11 DEFINIZIONE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (Art.11 e 12 LR 9/83)

La zonizzazione geologico-tecnica del territorio comunale è stata eseguita allo scopo di definire zone omogenee per quanto riguarda la risposta meccanica dei terreni superficiali, in relazione principalmente agli spessori di influenza geotecnica, con particolare riferimento al loro prevedibile comportamento nel campo delle sollecitazioni dinamiche riferite ad un terremoto di una certa intensità ed in un dato intervallo di tempo.
All'interno di dette zone si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la "microzonazione sismica".
Questo ultimo aspetto costituisce un punto essenziale della pianificazione di un territorio sismico, ed ha come obiettivo la valutazione del comportamento medio di un'area in un territorio comunale. Momento finale è la successiva valutazione della "risposta sismica di sito" che ha lo scopo di definire, in tutti i suoi dettagli, le caratteristiche dello specifico sito di fondazione e del sottosuolo significativamente interessato dalla opera edile. In effetti come è noto le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle specifiche condizioni locali (morfologia superficiale, antiche morfologie sepolte, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà meccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo, rapporti strutturali tra litologie ecc.).
La zonizzaione sismica è volta ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare, attraverso idonei criteri d'uso del territorio, gli effetti sismici in aree ad estensione regionale. In altri termini, la zonizzazione consente la valutazione analitica del rischio sismico, inteso come probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. Esso può essere espresso come il prodotto della pericolosità e della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica del danno prodotto. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alle sollecitazioni dinamiche che un sito può subire durante un sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma.
L'attenzione alle caratteristiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche, sia a livello generale che a livello di sito, nasce dalla constatazione che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare sostanzialmente la composizione spettrale ed il livello energetico dell'evento sismico determinando l'amplificazione di alcune frequenze.
La definizione di tali amplificazioni è essenziale per valutare la pericolosità di un sito potendo essa essere di livello anche molto maggiore di quello relativo alle stesse differenziazioni energetiche legate alla classificazione. In effetti il rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende non solo dalla vulnerabilità propria della struttura edilizia, ma anche, e

forse principalmente, dalla intensità delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico ed in particolare quello relativo alle onde di taglio, le quali emergendo in genere verticalmente, producono sollecitazioni orizzontali alle costruzioni.
E' quindi necessaria, per una valutazione delle modifiche subite dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica, geosismica e geotecnica dell'area interessata.
I danni prodotti da un terremoto possono quindi essere di diversa entità in località tra loro vicine, essendo le risposte al suolo dipendenti, oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia, dalla distanza dall'ipocentro, soprattutto da fattori locali che ne modificano in maniera significativa la composizione spettrale.

11.1 Metodologia d'indagine

L'individuazione di zone omogenee in prospettiva sismica eseguita in questa fase tiene quindi conto di quanto previsto dalla legge regionale 9/83, relativamente alla programmazione ed all'uso del territorio e della più recente normativa della Regione Campania (Delibera n. 5447 G. R. Campania del 07/11/2002; Delibera n. 248 G. R. Campania del 24/01/2003; Delibera n. 334 G. R. Campania del 31/01/2003; Delibera n°816 G. R. Campania del 10-6-2004) riguardante la zonazione del territorio in prospettiva sismica, ma è anche riferita a quanto previsto dalla Ordinanza 3274 relativamente alle costruzioni ed ai relativi siti.
Nell'ambito del territorio comunale Cesinali, sulla base delle specifiche indagini eseguite, sono state quindi individuate tutte quelle di situazioni geologiche, geotecniche e principalmente geosismiche che potrebbero portare ad un'insieme di modifiche del moto sismico con particolari variazioni locali e modulate attraverso una carta tematica di sintesi (Carta zone omogenee in prosettiva sismica).
Essa, alla luce di quanto detto, consente di valutare a larga scala, nell'ambito del territorio comunale, le variazioni dell'Accelerazione sismica di progetto.
Per quanto riguarda specificamente gli aspetti geosismici, il parametro fisico più significativo e facilmente misurabile è il Modulo di Taglio dinamico (G), ovvero la Velocità delle onde sismiche trasversali (Vs) (Vs=√G/densità), che caratterizza il pacco di terreno più superficiale.
Pertanto, attraverso la cartografia della litologia superficiale e la determinazione sperimentale delle Vs (Velocità onde sismiche secondarie), è stato possibile individuare varie zone nell'ambito di tutto il territorio Comunale.
In riferimento a quanto indicato dall'OPCM 3274 le varie zone sono state caratterizzare mediante la determinazione degli spessori dei terreni superficiali e delle velocità (Vs) ad essi attribuite, mediamente attraverso il valore relativo ai primi 30 metri di sottosuolo, definendo così una Categoria di suolo media della Microzona.

Nella delimitazione delle aree si e tenuto conto, per altro, delle caratteristiche e dei limiti della litologia affiorante, così come risulta dalla Carta Geolitologica del territorio comunale.
In riferimento a quanto indicato dall'OPCM 3274 le varie Microzone sono state caratterizzare mediante la determinazione degli spessori dei terreni superficiali e delle velocità (Vs) ad essi attribuite, mediamente attraverso il valore relativo ai primi 30 metri di sottosuolo, definendo così una Categoria di suolo media della Microzona.
Nella delimitazione delle aree si e tenuto conto, per altro, delle caratteristiche e dei limiti della litologia affiorante, così come risulta dalla Carta Geolitologica del territorio comunale.
Le Nuove NTC (2018) – individuano categorie di sottosuolo per la definizione dell'azione sismica (par. 3.2.2 – tab. 3.2.II).
L'identificazione della categoria di sottosuolo avviene in base alla misurazione diretta delle velocità delle onde trasversali Vs .
Quindi il territorio è stato suddiviso in aree omogenee, in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definite dall'espressione

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

valore inteso come media ponderale della velocità delle onde sismiche per i primi 30 ml *(punto 3.1 ordinanza 3274, Normativa sismica Edifici).*

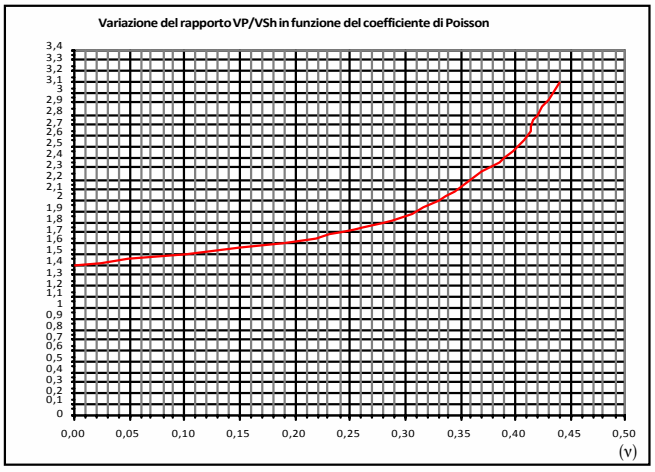
Successivamente, in base a detti valori di Velocità sismica Vs30, è stata redatta una carta dei fattori di incremento da applicare, nelle varie Microzone individuate, all'accelerazione sismica relativa allo spettro elastico di ancoraggio, così come previsto dal punto 3.2.1 della stessa normativa.
Le differenze tra le varie Microzone individuate sono quindi da intendere come differenze, oltre che nella composizione spettrale, anche dell'accelerazione massima caratterizzante le varie Categorie di suolo individuate, rispetto a quella su suolo rigido ovvero di Categoria A (Formazioni litoidi o Rigide con Vs30 ≥ 800m/s), assegnata al Comune con la nuova classificazione sismica.
Come anche previsto nei Criteri di cui all'OPCM 3274 (Art 2. comma h), questa suddivisione in Microzone tiene conto delle differenti caratteristiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche caratterizzanti in media gli affioramenti e le stratigrafie arealmente significative esistenti nel territorio comunale. I valori di incremento assegnati alle varie Microzone considerano quindi soltanto i fattori di incremento del livello massimo raggiunto dallo spettro elastico relativo alle

varie Categorie di suolo, rispetto a quello riferito alla Categoria di suolo A. Per tanto non si intende definire la specifica forma spettrale che caratterizza i vari siti (cosa che si farà successivamente in sede di valutazione della Risposta Sismica di Sito), ma solo dare una valutazione generale del livello massimo dell'amplificazione dell'evento sismico che si avrà nelle varie zone individuate rispetto a quello che si avrà nelle aree dove affiora il basamento o in ogni caso affiori un mezzo rigido. Sulla base di tali considerazioni si distingueranno:

Microzone Categoria di suolo	Fattore d'incremento (S)
A	1,00
B,C,E	1,25
D	1,35

In zona non sono stati individuate, in questa fase di studio a carattere generale, sottosuoli particolarmente instabili o suscettibili di liquefazione.

Per la determinazione della V_{s30} sono stati utilizzati i valori delle velocità Vs determinati sperimentalmente in sito mediante l'esecuzione delle prospezioni sismiche in foro tipo down-hole e quelli ricavati dalle prospezioni sismiche a rifrazione, eseguite in questa fase in onde S e P, al fine di operare opportune correlazioni su aree più vaste, analizzando, per ogni singolo litotipo interessato, il rapporto Vp/Vs secondo in grafico di seguito riportato.



11.2 Zonizzazione del territorio in prospettiva sismica

Sulla base quindi della metodologia su descritta, è stata redatta una carta di zonizzazione del territorio, considerando per altro:

il regolare contesto morfologico esistente in zona a livello genarale, rappresentato da una configurazione collinare con superfici regolari ed uniformi, con acclività mai eccessiva, prive di fenomeni di erosioni significatiti, sia incanalati che diffusi;

la distanza dell'area d'interesse dalle principali strutture sismogenetiche presenti a livello regionale;

l'assenza di particolari fenomeni di instabilità in atto o potenziali, sia superficiali che profondi, che pongono l'area in condizioni geostatiche di tutta sicurezza per la quasi totalità del territorio, ad eccezione di quanto indicato nel PSAI dell'Autorità di Bacino.

La caratterizzazione tecnica dei terreni è stata eseguita sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche condotte e distribuite nell'ambito dell'intero comprensorio comunale privilegiando le aree di interessa urbanistico.

Nell'analisi dei dati sono state quindi considerate n.15 siti tipo, per i quali vengono riportate delle tabelle di sintesi che scaturiscono dall'applicazione della metodologia esposta nel paragrafo precedente.

E' da sottolineare che il metodo utilizzato non si discosta in maniera sostanziale da quanto indicato da normative precedenti, almeno nella logica delle procedure.

L'unica variazione consiste nell'opportunità di rappresentare le varie microzone attraverso l'uso del parametro V_{s30} che mediamente le caratterizza.

Si deve comunque sottolineare la necessità, in sede di piani esecutivi, di effettuare una più puntuale e circoscritta determinazione delle caratteristiche del terreno secondo le procedure di valutazione della risposta sismica di sito.

Indagini più mirate permetteranno quindi una corretta valutazione del modello geolitologico e sismico del sottosuolo dell'area specifica interessata dalle strutture fondali e di quelle immediatamente ad essa circostante.

Si sottolinea come lo studio di Microzonazione Sismica condotto esclude l'esistenza in zona di aree, destinate ad insediamenti urbanistici, di particolare attenzione, tali da essere escluse come siti di costruzione, per la presenza di una eccessiva pericolosità sismica legata ad elevata potenzialità di liquefazione o subsidenza, presenza di rotture per fagliazione o zone carsiche significative.

Si sottolinea inoltre che, attesa la particolare continuità morfologica dell'area in studio, non sussistono condizioni di pericolo sismico per instabilità di versanti (vedi Art. 11 e12 della L.R. 9/83 e DPGR Campania 5447 del 7/11/2002).

Alla luce delle risultanze ottenute dall'applicazione della metodologia indicata, l'intero territorio comunale di Cesinali risulta appartenere, in relazione all'azione sismica ed ai fini della definizione della azione sismica di progetto, alle categorie di profilo stratigrafico per i suoli di fondazione di tipo B e C, cui compete un fattore d'incremento sismico pari a 1.25. (ordinanza P.C.M.3274 del 20/03/03)

Determinazione dei valori di V_{s30} sui siti di riferimento indagati – Tabelle di sintesi

Sito di riferimento:	**n. 1**

Sondaggio:	**S1**
Prospezione sismica:	**DW1-S1**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	4	300	100
2° Strato	4	760	320
3° Strato	23	1020	480

Spessore (ml):	**31**

V_{S30} =	**298,76**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n. 2**

Sondaggio:	**S2**
Prospezione sismica:	**DW2-S2**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2	170	60
2° Strato	3	400	150
3° Strato	25	840	350

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**240,46**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.3**

Sondaggio:	**S3**
Prospezione sismica:	**DW3-S3**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2	220	80
2° Strato	11	590	250
3° Strato	17	830	360

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**258,13**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.4**

Sondaggio:	**S4**
Prospezione sismica:	**DW4-S4**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	5	200	75
2° Strato	4	590	240
3° Strato	21	950	420

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**225**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.5**

Sondaggio:	**S5**
Prospezione sismica:	**DW5-S5**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2	210	70
2° Strato	3	520	210
3° Strato	25	1000	470

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**312,34**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.6**

Sondaggio:	**S1/06**
Prospezione sismica:	**DW1-S1/06**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2	180	70
2° Strato	5	550	210
3° Strato	23	890	430

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**283,37**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.7**

Sondaggio:	**S2/06**
Prospezione sismica:	**DW2-S2/06**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2	280	100
2° Strato	5	600	250
3° Strato	23	900	410

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**312,18**	**m/sec**

Sito di riferimento:	**n.8**

Prospezione sismica:	**A - B**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	1	190	70
2° Strato	5,5	520	210
3° Strato	23,5	1150	490

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**339,23**	**m/sec**

Sito di riferimento:	n.9

Prospezione sismica:	C - D

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	3,5	250	90
2° Strato	6	420	170
3° Strato	20,5	900	380

Spessore (ml):	30

V_{S30} =	234,14	m/sec

Sito di riferimento: n.10

Prospezione sismica: E - F

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	0,8	250	90
2° Strato	4	550	230
3° Strato	25,2	1150	500

Spessore (ml): 30

V_{S30} = 391,24 m/sec

Sito di riferimento: n.11

Prospezione sismica: G - H

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	0,8	130	50
2° Strato	6	350	140
3° Strato	23,2	1050	450

Spessore (ml): 30

V_{S30} = 271,71 m/sec

Sito di riferimento: n.12

Prospezione sismica: I - L

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	1	190	75
2° Strato	5,7	650	270
3° Strato	23,3	1400	650

Spessore (ml): 30

V_{S30} = 426,8 m/sec

Sito di riferimento:	**n.13**

Prospezione sismica:	**M - N**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	1	130	40
2° Strato	4,4	440	170
3° Strato	24,6	1050	460

Spessore (ml):	**30**

V_{S30} =	**287,46**	**m/sec**

Sito di riferimento: n.14

Prospezione sismica: O - P

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	1	170	60
2° Strato	4	470	180
3° Strato	25	1050	450

Spessore (ml): 30

V_{S30} = 317,65 m/sec

Sito di riferimento: n.15

Prospezione sismica: Q - R

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in ml dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
n = Numero di strati

Tabella dati

Litologia	h (ml)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1° Strato	2,7	180	60
2° Strato	6	530	210
3° Strato	21,3	1100	480

Spessore (ml): 30

V_{S30} = 254,35 m/sec

12 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA-MORFOLOGICA

(fattibilità – punto 6.12 DM 17/01/18)

Al fine di definire l'effettiva fattibilità delle previsioni di piano, è stata redatta una carta di sintesi in cui sono state riassunte in maniera combinata le caratteristiche dei terreni presenti al fine di individuare aventuali criticità idrogeologiche, geologiche e morfologiche essenziali per definire il rischio sismico, la pericolosità e vulnerabilità delle aree interessate.
Poiché le suddette criticità sono già oggetto di singoli specifici elaborati di dettaglio, per poter preservare la leggibilità della carta è stato necessario operare accorpamenti e semplificazioni.
Il risultato ottenuto dal riassunto combinato di tutti gli elementi raccolti in sede di indagine, costituisce un riepilogo delle caratteristiche geologiche e delle criticità territoriali rilevate nell'ambito comunale, raggruppate e mappate nell'elaborato secondo le seguenti categorie:

Aree a pericolosità bassa. Aree in cui I processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, stratigrafiche e giaciturali, non costituiscono fattori predisponenti per il verificarsi di processi morfoevolutivi. Aree da considerarsi prive di criticità.

Aree a media pericolosità. Aree in cui sono presenti fenomeni di relative instabilità, colamenti inattivi, paleomorfologie mature (deformazioni plastiche superficiali). Aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valurtazione risulta una bassa propensione al dissesto.

13 CONCLUSIONI

Il comprensorio comunale di Cesinali ricade nel settore del margine occidentale della catena appenninica meridionale.
L'area, ubicata ad altitudini che non superano i 400 ml s.l.m, è inserita in un contesto morfologico regolare ed uniforme, con superfici ad andamento collinare le cui pendenze risultano sempre compatibili con la specifica configurazione morfologica, la quale, per la sua moderata acclività, nel complesso non determina particolari fenomeni erosivi in evoluzione o potenziali, sia incanalati che diffusi e le superfici risultano ben drenate dalle opere di canalizzazioni presenti. Il territorio è stato oggetto, in varie fasi, di campagne geognostiche successive che hanno portato all'acquisizione di tutte le informazioni necessarie ad una esauriente definizione dei parametri di base in funzione all'estensione del territorio ed in riferimento allo specifico obiettivo della ricerca.
Dall'esame di tutti i dati raccolti dalle specifiche indagini eseguite e dal riassunto combinato di

quanto emerso in sede di rilevamento, è possibile affermare che l'intero territorio risulta inserito in un contesto geologico sufficientemente regolare, con unità litologiche in normale rapporto stratigrafico riferibili, con successioni diverse che a livello regionale, sono da ricondurre a tre età e litofacies differenti:
a) - La più antica è rappresentata da una potente serie cretacica calcarea di piattaforma, costituita da sequenze in banchi e strati dello spessore variabile da qualche dm a qualche metro. Si tratta di complessi litoidi ben orientati, di notevoli potenze che sovente presentano sottili interstrati argillosi finissimi, dovuti, probabilmente, a variazioni della profondità dell'ambiente di deposizione.
b) – Segue una facies di bacino in cui venivano traslati i calcari di piattaforma, rappresentata soprattutto da sequenze mioceniche terrigene riferibili a limi e limi argillosi, plastici, inglobanti sabbie ed arenarie più o meno cementate, puddinghe poligeniche ben cementate, marne quarzoso-micacee talora calcaree, in facies sia banchiforme che dispersa. Tale formazione è in contatto laterale con una sequenza in facies di flysch, rappresentata da limi e limi argillosi grigi e grigio plumbei, duri, scagliosi, fortemente consolidati. Essi a causa della particolare messa in posto per frena sottomarina, inglobano materiale di varia natura ed origine, strappato ai banchi che facevano quasi sempre da letto allo scivolamento.

c) - Seguono poi le coltri quaternarie di copertura, destinate a mascherare le antiche morfologie sepolte.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti ricadono in classi a permeabilità relativa diversa, funzione questa di fattori granulometrici intrinseci e di condizioni stratigrafiche e strutturali specifiche dei differenti litotipi, il che determina un assetto idrogeologico dell'area ben definito e caratterizzato.
Le facies più antiche sono caratterizzate da una notevole permeabilità per fessurazione, che determina l'instaurarsi di una circolazione in rete molto facile e veloce. Si tratta sempre di materiali a permeabilità e capacità di assorbimento elevate, in cui la circolazione si sviluppa in senso verticale raggiungendo rapidamente livelli di base piuttosto profondi.
La serie meno permeabile è rappresentata dalle sequenze argillose mioceniche, praticamente impermeabili e, solo localmente, permeabili da strato a strato. Si tratta di materiali prevalentemente sottili, scarsamente suscettivi di capacità d'assorbimento, che smaltiscono la maggior parte delle acque meteoriche tramite ruscellamento superficiale.

La serie alluvionale di fondovalle, infine, rappresenta una classica facies a permeabilità variabile da punto a punto. In essi si passa dalla più alta permeabilità, specifica delle ghiaie e, più in generale, delle serie a granulometria più grossolana ed eterogenea, a quella più ridotta, propria delle sequenze piroclastiche fini argillificate o degli accumuli localizzati detritici delle facies di erosione dei materiali miocenici.

Non si configurano quindi a livello generale le condizioni per l'instaurarsi di accumuli acquiferi potenti. Infatti, i terreni appartenenti alla serie cretacica, sebbene tamponati a sud, ovest e nord-ovest dalle sequenze argillose impermeabili, sono a contatto, a nord-est, con le facies alluvionali di fondo valle del fiume Sabato, che drenano, senza farle apparire a giorno, le acque sotterranee di deflusso dei calcari.

Anche dal punto di vista geotecnico, sulla base dei dati raccolti e dal riassunto combinato di quanto acquisito in sede d'indagini è possibile definire i terreni presenti nell'ambito del territorio in tre tipologie differenti:

* Aree con affioramenti di terreni litoidi e sublitoidi;
* Aree di dominio dei sedimenti plastici miocenici;
* Aree di influenza delle sequenze quaternarie.

Alle prime appartengono le facies di piattaforma che dal punto di vista propriamente geotecnico, rappresentano terreni che non ricadono nel dominio elastoplastico di Terzaghi. In essi ha solo significato la resistenza per stress crash, ovvero l'effettiva capacità di resistere a compressione, essendo questa di molto superiore a qualsiasi carico, anche puntiforme, trasmissibile da un fabbricato. Alle seconde appartengono le aree più importante del comune, ed in essa sono localizzati gran parte degli interventi previsti dall'ampliamento del PRG.

In questo caso l'elemento più importante è rappresentato dalla frazione granulometricamente prevalente. Tali materiali risultano a livello generale caratterizzati fisicamente da pesi specifici medio elevati, contenuti d'acqua, funzione dello stato di preconsolidazione, generalmente modesti (20%), indici dei vuoti che dimostrano la scarsa porosità dell'insieme, che portano a gradi di saturazione quasi sempre prossimi al 100%. I parametri di resistenza a rottura sono quelli tipici dei sedimenti coesivi, con valori piuttosto uniformi, senza sostanziali variazioni, che evidenziano la classica resistenza in condizioni drenate.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza alla compressione, le prove edometriche condotte sui campioni prelevati, hanno evidenziato variazioni significative dei valori del modulo edometrico passando da termini ad elevata compressibilità a stati di preconsolidazione notevoli, evidenziati in laboratorio da rigonfiamenti dei provino ai carichi minori. Ciò dimostra che i terreni, pur possedendo caratteristiche piuttosto uniformi nei confronti della rottura, risultano estremamente sensibili alla presenza d'acqua che influisce, in modo talora determinante, sulle caratteristiche di preconsolidazione dei campioni.

E' necessario, quindi, accertare per tali terreni, di volta in volta, le effettive caratteristiche tecniche dei livelli fondali, tenendo conto della loro estrema sensibilità a variazioni anche modeste di alcuni parametri fisici, primo tra tutti l'acqua di imbibizione.

In fine le sequenze quaternarie sciolte, siano esse piroclastiche o di tipo detritico alluvionale, risultano caratterizzate da una granulometria molto variabile e generalmente grossolana. La loro giacitura recente o ancora in attualità, le dota generalmente di pesi di volume modesti e la loro elevata porosità, determina permeabilità tali da portare a contenuti naturale d'acqua generalmente bassi.
La loro granulometria grossolana, dal punto di vista geotecnico, si traduce in angoli d'attrito interno medio-elevati, cosa che, anche in considerazione della regolare morfologia delle aree, li dota, a livello generale, di buona resistenza a rottura. Per tali terreni però, più che nel discorso della resistenza a rottura, occorre inquadrarne il comportamento nei confronti dei cedimenti. Contrariamente a quanto avveniva con i limi e le argille mioceniche, la buona permeabilità per porosità di questi terreni, solo a luoghi inficiata dai fenomeni di argillificazione già descritti, garantisce la pressoché totale assenza di pressioni interstiziali all'applicazione del carico.
In effetti anche grazie all'elevato indice dei vuoti, si verificano, quando tali terreni sono interessati da incrementi di carico indotti da strutture fondali, cedimenti non trascurabili che però possiedono buona uniformità e relativa rigidità del fenomeno, che tende ad esaurirsi in tempi brevi di fine costruzione.

Ai fini della zonizzazione del territorio in prospettiva sismica, sull'intero comprensorio sono state individuate le seguenti nicrozone (vedi Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica) caratterizzate in funzione delle specifiche caratteristiche geolitologiche dei terreni affioranti e del substrato geotecnico:

Zona 1 – Copertura piroclastica con spessori < 5.00 ml , substrato limoso argilloso compatto, stratificato, ben consolidato ed a luoghi scaglioso, con inglobato subordinato pezzate litoide di natura calcare e marnosa;
Zona 2 – Copertura piroclastica con spessori < 5.00 ml , substrato non stratificato, prevalentemente brecciode ad elementi di natura calcarea, inglobati in matrice sabbioso-limosa, passanti talora ad inclusi, blocchi e livelli litoidi alche di notevoli dimensioni;
Zona 3 – Coperture piroclastiche > 5.00 ml, substrato stratificato costituito da piroclastici più o meno argillificate o limi ed argille plastiche, sabbie e sabbie limose variamente addensate.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle indagini condotte, esse sono da ricondurre ad un'unica area , la quale risulta appartenere, in relazione all'azione sismica ed ai fini della

definizione della azione sismica di progetto, alle categorie di profilo stratigrafico per i suoli di fondazione di tipo B e C, cui compete un fattore d'incremento sismico (S) pari a 1.25. (ordinanza P.C.M.3274 del 20/03/03).
E' appena il caso di far notare che, nello spirito della normativa, la metodologia utilizzata per Microzonazione e cioè la suddivisione del territorio Comunale in sottozone a risposta sismica relativamente omogenea, rappresenta una zonazione sismica a carattere generale, a livello cioè di pianificazione del territorio comunale e non rappresenta una possibile identificazione delle categorie di terreno specifiche di uno determinato sito.
I valori di V_{s30} individuati nei vari punti stazione sono infatti mediati, nelle diverse aree omogenee individuate sulla base della litologia affiorante e possono solo essere rappresentativi di situazioni generali e non particolari.
Nel dettaglio delle singole costruzioni è quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo specifico dell'area interessata, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità Sismica del singolo sito di costruzione.

In fine, in relazione alla fattibilità (punto 6.12 DM17/01/189) sul territorio comunale sono state individuate due zone:

- Zona 1 – a pericolosità bassa a cui sono ricondotte aree prive di criticità, in cui le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, giaciturali ed idrogeologiche non costituiscono fattori predisponenti per l'instaurarsi di processi morfoevolutivi;

- Zona 2 – a pericolosità media o medio-bassa, arere in cui risultano presenti fenomeni di relative instabilità, colamenti inattivi, paleomorfologie mature e deformazioni plastiche superficiali, elementi che, unitamente alle locali condizioni morfologiche, litologiche, giaciturali ed idrogeologice, costituiscono fattori con una bassa propensione al dissesto.

A conclusione quindi di tutte le considerazioni sopra esposte si forniscono di seguito alcune indicazioni in ordine alla realizzazione di nuove costruzioni, precisando che gli studi geologici e geotecnici a corredo della progettazione, dovranno avere carattere puntuale, ed in ogni caso, dovranno far riferimento alla normativa vigente e cogente.
La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi sarà quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza della struttura in oggetto, e dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, rispetto a quanto indicato dalla Microzonazione

Sismica dello Strumento Urbanistico Generale.
Le indagini specifiche da prevedere saranno quindi prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali Vs dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri (Vs30) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03.

Si rammenta, infine che in ogni caso, le scelte progettuali adottate per le tipologie fondali dovranno porre estrema attenzione alle condizioni idrogeologiche ed idrauliche, tenendo in debita considerazione eventuali sottospinte idrostatiche e oscillazioni della falda, ponendo particolare attenzione, durante le fasi di eventuali scavi.

Avellino, Luglio 2022

Il geologo:
dr. Augusto Meo