



APPROVATO  
CON DELIBERA DI C.C.  
N.9 DEL 24/04/2025



## COMUNE DI BELLONA

*Provincia di Caserta*

**OGGETTO:** STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO ALLA  
REDAZIONE DEL P.U.C.

**COMMITTENTE:** Amministrazione comunale di Bellona (CE)

### PIANO URBANISTICO COMUNALE



### RELAZIONE GEOLOGICA

*Il consulente Geologo*  
**Dr. Geol. Giuseppe  
D'Onofrio**



**Data:** Marzo 2024

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO .....	7
3.1 CARTA GEOLITOLOGICA E STRUTTURALE .....	9
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	11
4.1 CARTA GEOMORFOLOGICA .....	11
4.2 CARTA DELLA STABILITÀ .....	13
5. IDROGEOLOGIA .....	16
5.1 CARTA IDROGEOLOGICA .....	17
6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI .....	20
7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA .....	24
<i>Quadro normativo e pericolosità sismica di base</i> .....	24
<i>Storia sismica di Bellona</i> .....	25
7.1 CARATTERISTICHE LITODINAMICHE .....	27
7.2 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA .....	29
MICROZONE OMOGENEE STABILI .....	32
Microzona 1.....	<b>32</b>
Microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale .....	33
Microzona 2.....	<b>33</b>
Microzona 3.....	<b>36</b>
ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA' .....	38
7.3 LIQUEFAZIONE SPONTANEA .....	39
8. PRESCRIZIONI D'USO A CARATTERE GEOLOGICO .....	44

## APPENDICE ED ALLEGATI CARTOGRAFICI

- ⇒ Allegato Indagini geognostiche-geofisiche e geotecniche PUC (anno 2019)
- ⇒ Allegato Indagini geognostiche pregresse (PRG 1985)
  
- ⇒ Tavola 1A e 1B: CARTA GEOLITOLOGICA E STRUTTURALE scala 1:5.000
  
- ⇒ Tavola 1bis: SEZIONI GEOLITOLOGICHE
- ⇒ Tavola 2A e 2B: CARTA GEOMORFOLOGICA scala 1:5.000
- ⇒ Tavola 3A e 3B: CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:5.000
- ⇒ Tavola 4A e 4B: CARTA DELLA STABILITA' scala 1:5.000
- ⇒ Tavola 5A e 5B: CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA scala 1:5.000
- ⇒ Tavola 6A e 6B: CARTA UBICAZIONE INDAGINI scala 1:5.000

## 1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Amministrazione Comunale di Bellona è stata effettuato l'adeguamento dello studio geologico a corredo del redigendo Piano Urbanistico Comunale secondo quanto prescritto dalla L.R. n° 9 del 07.01.1983 "Norme in materia di difesa dal rischio sismico" e ss.mm.ii., dallo scrivente dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n. 838.

Il territorio di Bellona (CE) è stato classificato sismico per la prima volta con D.M. 03/06/1981 e allocato in seconda categoria (media sismicità) con grado di sismicità S pari a 9; a seguito dell'aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania (D.G.R. n. 5447/2002), il Comune di Bellona è stato mantenuto tra i comuni a media sismicità corrispondente alla seconda categoria.

Per la redazione di tale studio sono state condotte le seguenti attività:

- lettura e consultazione della cartografia geologica italiana ufficiale in scala 1:100.000 all'interno della quale ricade l'area in studio (Foglio n° 172 "Caserta");
- raccolta e verifica dei dati esistenti, messi a disposizione dall'amministrazione Comunale, e di relazioni tecniche inerenti l'area in esame, tra cui si menzionano i seguenti lavori:
  - Studio Geologico a corredo del P.R.G.C. del 1985 redatto a cura del geol. M. De Gennaro;
  - Campagna Indagini geognostiche-geotecniche e sismiche Studio Geologico PUC (anno 2019 a cura del sottoscritto);
- raccolta bibliografica per l'acquisizione delle conoscenze più aggiornate in ordine ai parametri geologici-geomorfologici-idrogeologici-geotecnici e sismologici di tutto il territorio da pianificare;
- rilevamento geologico e geomorfologico di campagna dettagliato all'intero territorio comunale;
- attività di concertazione con gli Enti presenti sul territorio;

- omogeneizzazione della documentazione e degli studi acquisiti con quelli già in possesso dell'ex Autorità di Bacino Liri Garigliano e Volturno ora Distretto Idrografico Appennino Meridionale;
- organizzazione ed esame immediato delle fonti raccolte.

Dopo aver espletato le varie fasi di cui sopra ed elaborato e interpretato i dati a disposizione, si è steso la presente Relazione Geologica conclusiva. Tale studio è stato redatto in coerenza con le *“Linee Guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico”* approvate dalla Regione Campania – Assessorato ai Lavori Pubblici con D.G.R. n. 17/01/2006 e ha tenuto conto degli *“Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica”* elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008.

Sono parte integrante del presente studio tutte le indagini geognostiche di archivio eseguite a corredo di precedenti campagne di indagini, a vario titolo effettuate sul territorio comunale, opportunamente selezionate e verificate per gli scopi del presente studio e a cui si rimanda per ogni consultazione e riscontro (cfr. Allegato *“Indagini geognostiche-geotecniche sismiche pregresse”* in copia conforme su supporto CD-R).

Si rileva che il Comune di Bellona è sprovvisto di studi di Microzonazione Sismica di I Livello ai sensi dell'art. 2 comma 1 lett. a) dell'Ordinanza P.C.M. n. 4007/2012 e successivi decreti regionali.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Bellona (CE) è ubicato nel settore centro-orientale della Provincia di Caserta, riportato nell'ambito della cartografia tecnica programmatica della Regione Campania in scala 1:25.000, nella Tavoleta "Caserta" [Quadrante 172-II] (cfr. Fig.1)

I suoi confini amministrativi sono definiti:

- a nord, dal comune di Camigliano (CE),
- a ovest dal comune di Vitulazio (CE),
- a sud dal comune di Capua (CE),
- a est dal comune di Pontelatone (CE).

L'estensione comunale è di ca 11.78 Km<sup>2</sup> pari a 1178 ha.

La sua escursione altimetrica varia dai 21 metri s.l.m., in corrispondenza della piana del Volturno ai 372 mt s.l.m di M. Grande.

Il territorio comunale ricade nel bacino idrografico del fiume Volturno, rientrando, quindi, nelle competenze del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

DATI GENERALI				
<b>CODICE ISTAT:</b>	061007	<b>N. ABITANTI (Istat 2023):</b>	5971 con densità di 506.88 ab/Km <sup>2</sup>	
<b>PROVINCIA:</b>	CASERTA	<b>SUP. TOTALE (Kmq):</b>	11.78	
<b>REGIONE:</b>	CAMPANIA	<b>SUP. DI APPARTENENZA AL BACINO:</b>	100,0 (%)	11.78 (kmq)
<b>BACINO:</b>	Volturno			



### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

Nell'ambito della Cartografia Geologica Ufficiale Italiana in scala 1:100.000 il territorio di Bellona ricade all'interno del Foglio n° 172 "Caserta" (Fig. 2).

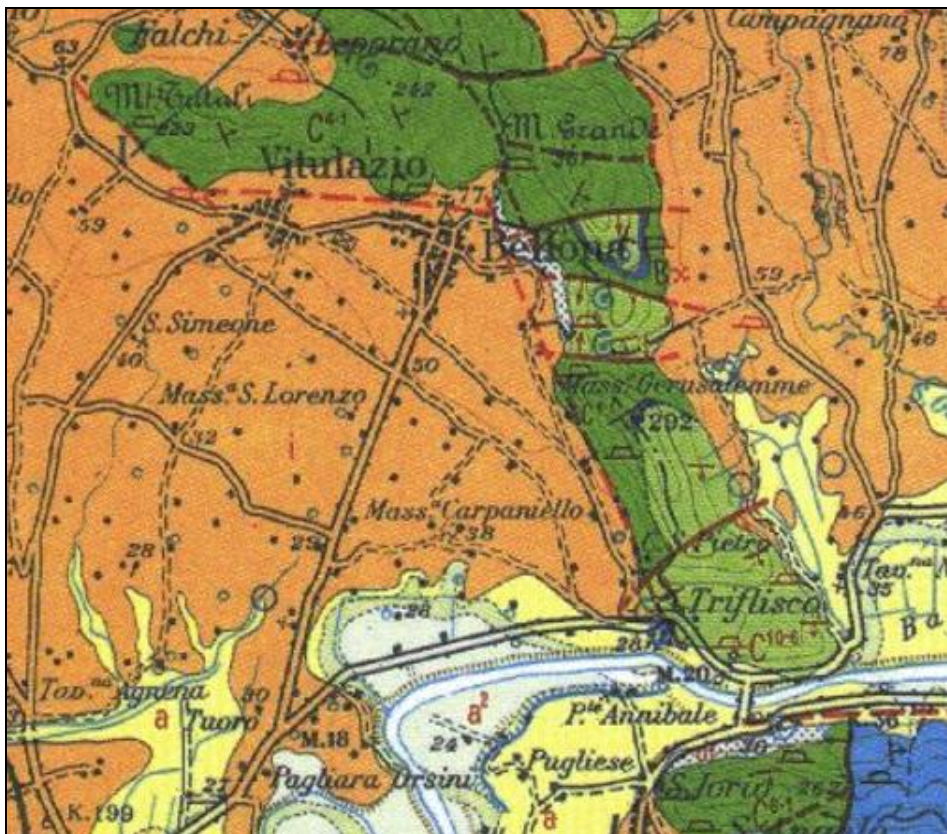


Fig. 2: Stralcio Carta Geologica Foglio 172 "Caserta"

I termini litologici affioranti sono prevalentemente di natura sedimentaria e subordinatamente di origine vulcanica. Dal punto di vista geologico-regionale nella zona in esame affiora estesamente l'unità stratigrafico-strutturale del Matese - M. Maggiore.

I termini che afferiscono all'Unità Matese - Monte Maggiore risalgono in larga misura all'era Mesozoica, in particolare all'intervallo Trias superiore - Cretacico superiore ed all'era Cenozoica (Periodo Paleocene) per un complessivo intervallo di copertura temporale compreso tra 220 Ma fino a circa 57 Ma. La provenienza paleogeografica è riconducibile alla piattaforma carbonatica abruzzese-campana di ambiente neritico di

retroscogliera. La successione è interamente carbonatica con litotipi dolomitici nella parte bassa triassica passanti a termini propriamente calcarei.

Nell'ambito della successione carbonatica del Cretacico Inferiore è rinvenibile nei pressi di M. Grande un livello rossastro di materiale bauxitico formatosi a seguito dell'emersione dal mare della piattaforma carbonatica con conseguente erosione subaerea e deposizione di ossidi di alluminio e ferro. Il successivo ritorno del mare (ingressione) avvenuto nel corso del Cretacico Superiore ha ripristinato un'ambiente di sedimentazione dapprima lagunare e poi francamente marino con depositi marnosi e poi calcarei.

Dal punto di vista tettonico, il quadro paleogeografico dal Trias medio all'Aquitano è stato controllato essenzialmente da movimenti di tipo epirogenetici, cioè sollevamenti ed abbassamenti continentali con conseguenti ingressioni e regressioni marine. A partire dal Miocene medio fino al Pliocene medio una serie di fasi tettonogenetiche colpisce le zone esterne appenniniche dislocando le varie unità paleogeografiche di piattaforma carbonatica e di bacino e dando origine alle unità stratigrafico-strutturali. Alla fine del Pliocene medio il disegno della catena appenninica era simile all'attuale con le grandi traslazioni verso est compiute. I movimenti che seguono nel tempo sono orogenetici in senso stretto con una tettonica distensiva che ha portato alla surrezione della catena già formatasi ed al ribassamento delle aree peritirreniche con genesi delle ampie piane costiere (es. piana Campana e Piana del Garigliano).

I depositi continentali quaternari riferibili agli ultimi 2 milioni di anni sono di tipo *detritico-colluviale*, rinvenibili alla base dei versanti carbonatici, *fluviale* nel fondovalle (depositi F. Volturno). Particolare importanza rivestono i *materiali di origine vulcanica* derivanti dall'attività vulcanica esplosiva del complesso dei Campi Flegrei, dal quale si sono riversati nel territorio in esame depositi da flusso accumulatisi prevalentemente

nel fondovalle, riconducibili all'immane eruzione datata 39.000 anni bp e nota in letteratura come Ignimbrite Campana o Tufo Grigio Campano.

### 3.1 CARTA GEOLITOLOGICA E STRUTTURALE

Il rilevamento geologico di campagna, l'interpretazione di foto aeree, l'analisi topografica e la consultazione di studi pregressi e della cartografia geologica ufficiale, hanno consentito la redazione della Carta Geolitologica e Strutturale in scala 1:5.000 dell'intero territorio comunale. I litotipi che costituiscono il rilievo sono stati cartografati in tutta la loro distribuzione areale e raggruppati in complessi geolitologici. All'interno dello stesso complesso sono stati riuniti uno o più litotipi, appartenenti anche a formazioni diverse dal punto di vista propriamente litostratigrafico, ma che risultano omogenei per ciò che concerne la risposta morfologica. A tal fine sono stati distinti n° 8 complessi geolitologici che di seguito si descrivono nel dettaglio.

1. **Complesso Carbonatico.** Rientrano in tale complesso tutte le rocce di origine carbonatica, vale a dire calcari microcristallini bianchi, calcari dolomitici del Cretacico Inferiore costituenti i rilievi di M. Grande e Raggeto su cui si rileva un orizzonte bauxitico (presso M.Grande) da stratiforme a tratti discontinuo a testimoniare una lacuna stratigrafica causata da una fase di erosione subaerea dei carbonati; seguono nella successione termini carbonatici del Cretacico Superiore rappresentati da calcari detritici avana e bianchi trasgressivi sull'orizzonte bauxitico sottostante affioranti presso Colle San Pietro nel settore meridionale terminale della dorsale e nei pressi di M. Grande .

La giacitura degli strati risulta alquanto variabile (immersione prevalente nel quadrante NE per i rilievi di Raggeto e Grande) con inclinazioni comprese tra

10 e 45°, mentre si rileva uno stato di fratturazione da medio ad alto in prossimità dei principali lineamenti strutturali. Presenti anche segni di carsismo epigeo lungo le zone di fratture.

2. **Complesso Detritico alla base dei versanti.** Si tratta di depositi di copertura quaternari del pleistocene sup. ed olocenici di origine continentale, derivanti dal trasporto gravitativo e/o idraulico di breve percorso che si ritrovano alla base dei rilievi montuosi. Tali depositi sono di origine colluviale, detritico-colluviale ed eluviale di spessore dell'ordine di una decina di metri. Sono costituiti da clasti eterometrici di natura calcarea da sciolti a debolmente cementati, immersi in piroclastiti sabbio-limose sciolte dilavate.
  
3. **Complesso dei Depositi alluvionali:** Rientrano in tale complesso l'insieme delle alluvioni attuali, recenti ed antiche, del F. Volturno. Si tratta di limi sabbiosi sciolti, argille e sabbie fini e piroclastiti rimaneggiate, ciottoli e lenti di ghiaie con stratificazione suborizzontale e disposizione degli strati lenticolari con frequenti eteropie di facies laterali.
  
4. **Complesso Ignimbrico:** Si tratta di ignimbriti da trachiti a trachifonolitiche del Pleistocene Sup. riconducibili all'eruzione flegrea dell'Ignimbrite Campana (39 mila anni), talora con fessurazione prismatico colonnare, alla base compatta di colore dal marrone bruciato al violaceo, con piccole pomice e scorie ocra e nere, appiattite; verso l'alto litoide, di colore grigio e con scorie nere, anche di grosse dimensioni, ricche di feocristalli di sanidino. Verso l'alto si presenta per lo più allo stato cineritico di colore violaceo e grigiastro allo stato incoerente. L'ignimbrite presenta diverse litofacies sia in senso verticale che areale passando da facies incoerenti e pulvirulenti a tufi semicoerenti

verso il basso.

#### **4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il territorio di Bellona presenta una morfologia articolata scaturita sia dalle caratteristiche, alquanto variegata, dei diversi materiali affioranti su cui hanno inciso i vari fattori legati alla dinamica esogena, sia dal forte controllo strutturale impresso al territorio dalla tettonica distensiva plio-quadernaria che ha smembrato in vari blocchi i rilievi carbonatici. Il territorio comunale di Bellona si inserisce ai bordi della grande Piana Campana quadernaria. Esso si presenta montuoso solo lungo i confini a Nord e a Est del territorio, mentre la rimanente parte si presenta, nell'insieme, pianeggiante o sub-pianeggiante con una leggera pendenza verso Sud-Ovest.

I rilievi carbonatici presentano versanti strutturali di faglia piuttosto evoluti con profili rettilinei e con pendenze medie dell'ordine dei 26-35°. Le poche aste a regime torrentizio che dissecano i versanti sono quasi esclusivamente susseguenti, impostate su discontinuità tettoniche.

Il fondovalle è rappresentato dalla piana dei depositi alluvionali del Fiume Volturno e dal plateau ignimbrico che conferisce a questo settore pendenze relativamente blande. L'area di raccordo tra questo ed il rilievo montuoso è rappresentato da una fascia pedemontana costituita dai depositi detritici alla base dei versanti e da depositi piroclastici sia sciolti che litoidi in facies ignimbrica.

##### **4.1 CARTA GEOMORFOLOGICA**

La Carta Geomorfologica allegata è costruita su una base topografica in scala 1:5.000. Essa scaturisce da dettagliati rilievi effettuati in sito, da un'attenta analisi topografica e dalla fotointerpretazione geomorfologica. Su di essa è stato possibile mettere in evidenza i principali processi morfogenetici che modellano il territorio in esame e le

forme del rilievo che da questi traggono origine. Sono inoltre riportate le opportune informazioni sui litotipi affioranti ed i depositi superficiali. Le morfologie vengono dunque classificate in funzione dell'agente responsabile della loro genesi. Accanto all'informazione genetica si riporta, per alcune forme, anche un'informazione cronologica che permette di classificarle in forme attive, ed inattive. Le forme attive sono quelle che ancora oggi evolvono ad opera degli stessi agenti che le hanno generate; quelle inattive hanno un'evoluzione che dipende attualmente da agenti differenti da quelli responsabili della loro genesi primaria.

Tale elaborato ha permesso una rappresentazione degli elementi geomorfologici più direttamente connessi ai fattori predisponenti ed alle cause principali che hanno condotto all'attuale quadro morfologico del territorio, permettendo al contempo una valutazione dei futuri scenari sulla evoluzione del territorio stesso.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nella "Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo" del Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia e nella "Guida al rilevamento della Carta Geomorfologica alla scala 1:50.000", edita dal Servizio Geologico Nazionale (Quaderni, Serie III, vol. 4, 1994), dalle quali si è tratto lo schema di legenda principale, integrato dalle informazioni più pertinenti finalizzate alla valutazione dell'Assetto Idrogeologico, maggiormente approfondite per quanto attiene la localizzazione e caratterizzazione delle forme e dei processi evolutivi.

L'assetto strutturale è fortemente riconoscibile sul territorio con la presenza di numerose incisioni lineari susseguenti ed estesi versanti strutturali di faglia in roccia carbonatica.

Le forme associate ai processi fluviali e fluvio-torrentizi sono presenti sul territorio; anche in questo caso tali forme sono ulteriormente suddivisibili in forme di erosione e

forme di accumulo con relativi depositi rilevati lungo le aste fluviali e fluvio-torrentizie. Sono state cartografate estese scarpate di erosione fluviale riconducibili ad almeno due ordini con altezze variabili tra 5 – 10 metri con fenomeni di erosione di sponda.

Per quanto concerne la classificazione dei fenomeni franosi si è fatto riferimento a Cruden - Varnes 1996, che considera 5 tipologie fondamentali di tipi di movimento possibili sia in roccia che in terreni.

La maggior parte dei fenomeni franosi rilevati sono riconducibili a crolli/ribaltamenti frontali di masse rocciose lungo superfici di discontinuità preesistenti e di neoformazione caratterizzanti i fronti di scavo delle cave abbandonate.

Tra le forme fluviali si riconoscono quelle associate al corso del F. Volturno che nel tratto in esame ha andamento meandriforme per il debole gradiente topografico, con alcuni meandri abbandonati (loc. Fiume Morto). L'alveo ordinario scorre incassato tra due scarpate di erosione fluviale dell'ordine di alcuni metri.

Si rilevano alcune forme antropiche rappresentate dalle cave di piede dei rilievi carbonatici alcune tutte inattive.

## **4.2 CARTA DELLA STABILITÀ**

Tale carta è stata realizzata sintetizzando i risultati degli studi effettuati e descritti in precedenza. In particolare nella Carta della Stabilità vengono riportate le zone soggette a pericolosità idrogeologica intendendo per queste quelle aree dove esiste la probabilità che un evento calamitoso di una certa intensità possa verificarsi in un dato tempo. Queste aree, una volta individuate, sono state perimetrate assegnando loro un certo grado di stabilità funzione del livello di pericolosità geomorfologica e idraulica riconosciuto.

Inoltre la carta recepisce integralmente le perimetrazioni contenute nel P.S.A.I. "Rischio Frana" redatto dall'ex Autorità di Bacino Liri – Garigliano – Volturno (ora Distretto Idrografico Appennino Meridionale) attualmente vigenti.

Il territorio comunale è stato, pertanto, diviso in zone con un differente grado di stabilità rispetto alla presenza o meno di problematiche di tipo idrogeologico.

Sono state, quindi, identificate:

- Aree stabili;
- Aree potenzialmente instabili;
- Aree instabili.

### AREE STABILI

Rientrano in queste aree:

- le zone con pendenze comprese tra 0-10 %, che coincidono con la gran parte del centro urbano e del territorio di **Bellona**; il substrato è costituito prevalentemente dal Complesso Ignimbrico tufitico;
- le zone di crinale ed i ripiani intermedi con pendenze comprese tra 0-10%, dove affiorano i terreni carbonatici;
- le zone con pendenze comprese tra 0-10 %, ubicate nella fascia pedemontana del territorio comunale non sede di accumuli di materiali provenienti dal versante;

### AREE INSTABILI

Rientrano tra queste le aree:

Rientrano tra queste le aree:

- ✓ che coincidono con le fenomenologie franose rilevate nel corso del presente studio;
- ✓ che coincidono con le aree a rischio idrogeologico molto elevato (**R4**), elevato (**R3**), aree di medio-alta attenzione (**A3**), media attenzione (**A2**) e moderata attenzione (**A1**), come individuate e perimetrate dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI - Rischio frana (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale);
- ✓ che coincidono con le aree di attenzione e/o rischio potenzialmente alto (**Apa e Rpa**), potenzialmente interessate da fenomeni di innesco, transito ed accumulo di frana di intensità massima attesa elevata, come individuate dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI - Rischio frana (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale);
- ✓ che costituiscono le pareti subverticali di aree oggetto di estrazione di inerti calcarei (cave a fronte unico) non oggetto di messa in sicurezza e riqualificazione ambientale;
- ✓ le aree comprese nella **Fascia fluviale A** del F. Volturno come perimetrate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale); tale area è definita come l'alveo di piena che garantisce il libero deflusso della piena standard, corrispondente ad un periodo di ritorno di 100 anni;

- ✓ le aree comprese nella **sottofascia fluviale B1** come perimetrata nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=30$  anni e altezza idrica  $h=90$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
- ✓ le aree comprese nella **sottofascia fluviale B2** come perimetrata nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno compresa tra il limite della sottofascia B1 compresa tra il limite della fascia fluviale B1 e quello dell'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con  $T=100$  anni.
- ✓ La **zona di attenzione intorno alla faglia attiva e capace** denominata della Piana del Volturno con una dimensione raccomandata di 400 m (200+200 m) a cavallo della traccia del piano di rottura principale<sup>1</sup>

Nell'ambito della stabilità del territorio si riportano sull'allegata tavola le aree per le quali l'effettivo grado di stabilità dovrà essere definito a seguito di ulteriori studi con livello di definizione commisurato all'importanza e dimensione dell'opera secondo le disposizioni normative vigenti.

## 5. IDROGEOLOGIA

Gli elementi che, in generale, caratterizzano le unità idrogeologiche sono:

- l'area di ricarica: corrisponde al bacino idrogeologico di ciascuna unità; si estende a tutti gli affioramenti di rocce permeabili, all'interno delle quali percolano le acque che vanno ad alimentare la falda saturando alla base la stessa unità;
- limiti di permeabilità: costituiti dalla superficie di contatto tra i terreni permeabili, che costituiscono l'area di ricarica, e quelli impermeabili, che circondano e delimitano le falde di base; sono in sostanza i limiti del bacino idrogeologico di quella unità;
- sorgenti: sono i punti in cui riemergono le acque della falda di base; corrispondono alle scaturigini naturali poste lungo i limiti di permeabilità.

---

<sup>1</sup> Dipartimento della Protezione Civile. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (2015) "**Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (fac)**"

In particolare, per quanto riguarda il territorio di Bellona, il quadro litologico-strutturale permette di dedurre che l'idrogeologia di tutta la zona è definita da tre fattori determinanti (Fig. 3):

1. le aree di ricarica corrispondono principalmente con gli affioramenti dei litotipi carbonatici altamente permeabili;
2. la circolazione idrica sotterranea è resa articolata dall'esteso affioramento di coltri piroclastiche; la circolazione idrica sotterranea è prevalentemente concentrata nel Complesso Carbonatico.
3. le sorgenti presenti sono essenzialmente di trabocco e sono dovute alla presenza di materiale impermeabile che tampona l'acqua accumulata nei livelli più permeabili.

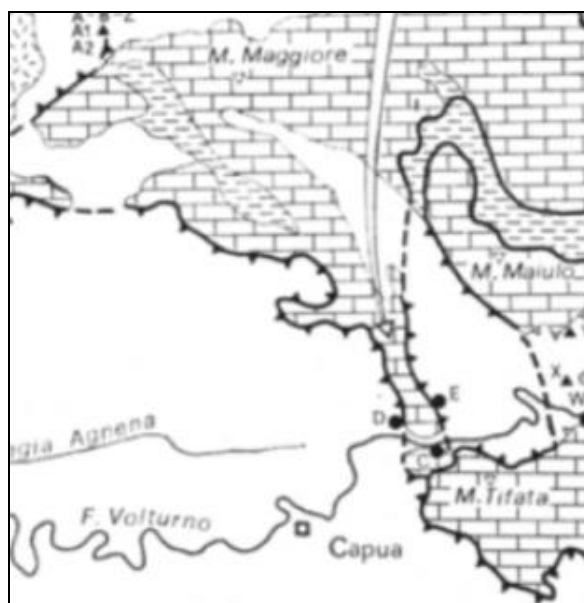


Fig. 3: Schema idrogeologico Monte Maggiore

## 5.1 CARTA IDROGEOLOGICA

Al fine di caratterizzare il territorio dal punto di vista idrogeologico sono stati distinti n° 4 complessi idrogeologici; per complesso idrogeologico s'intende un insieme di litotipi

simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto.

Il grado di permeabilità è stato espresso in termini relativi con il quale viene indicata la permeabilità apparente di un singolo litotipo o di un insieme di litotipi simili nei confronti di quelli adiacenti. I tipi di permeabilità sono riconducibili a due fondamentali: per porosità e per fessurazione. La permeabilità per porosità è tipica di rocce porose che contengono numerosi vuoti intergranulari tra loro comunicanti. La permeabilità per fessurazione è tipica di rocce fratturate ed in genere è una proprietà acquisita in tempi successivi alla formazione della roccia. Nelle rocce impermeabili, in condizioni naturali di pressione, le acque non hanno movimenti percettibili o rilevabili con i mezzi normalmente utilizzati in idrogeologia, per mancanza di vuoti comunicanti e/o sufficientemente ampi.

Il Complesso Carbonatico cartografato appartiene all'idrostruttura del M. Maggiore e presenta una permeabilità per fessurazione e subordinatamente per carsismo. Tale idrostruttura è delimitata ad est dai rilievi collinari arenaceo-marnoso-argillosi, poco permeabili, e a sud ed ovest dai depositi piroclastici ed alluvionali quaternari della Piana Campana e della media valle del Volturno, caratterizzati in generale da una permeabilità relativa da media a bassa.

La fessurazione dell'ammasso roccioso è acquisita in virtù delle vicissitudini geologiche che tali rocce hanno subito e ai processi di graduale allentamento meccanico. Le acque tendono preferenzialmente ad infiltrarsi e ad alimentare una cospicua falda basale a debole gradiente molto profonda e che nell'area di studio mostra una direzione di deflusso verso sud dove trova un recapito finale presso le sorgenti di Triflisco (Molinello, Fico e Pioppo). Le sorgenti sono ubicate ad una quota assoluta di 28 m slm caratterizzate da una portata media cumulata, misurata in alveo, di ca 2.74 m<sup>3</sup>/s con acque mineralizzate, a causa

della probabile alimentazione da parte di circuiti profondi nelle rocce carbonatiche, in corrispondenza dei motivi tettonici che delimitano ad ovest l'idrostruttura. In effetti parte delle acque di falda, prima di giungere alle sorgenti, supera un vero e proprio sifone carbonatico (posto al di sotto del monte Maiulo), dove si verifica la mobilitazione di acque di fondo che sembra essere la principale causa dell'alto grado di mineralizzazione delle sorgenti.

Tali sorgenti rappresentano, insieme alla sorgente Fontana Pila, il recapito preferenziale della circolazione idrica sotterranea del M.Maggiore. Le sorgenti di Triflisco e Fontana Pila (comune di Pontelatone) sono in parte captate da un campo pozzi della Eni-Acqua Campania Spa ubicato ai margini della piana di Pontelatone, a monte del recapito naturale delle acque sotterranee.

Gli studi piezometrici condotti denotano travasi idrici sotterranei verso i depositi piroclastici-alluvionali della piana

Il grado di permeabilità relativo risulta da elevato a molto elevato.

Il Complesso dei Depositi alluvionali è un acquifero poroso con dunque un tipo di permeabilità per porosità. Esso è costituito da sedimenti clastici trasportati e depositati dal F. Volturno. Si tratta di depositi eterogenei perché la sedimentazione fluviale è tipicamente rapida e discontinua con condizioni di deposizione dei sedimenti variabili. Infatti lungo l'alveo fluviale è possibile riscontrare un'accentuata selezione dei clasti sia in senso longitudinale sia in senso trasversale che lungo la verticale. Ciò comporta la giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria aggregati in lenti allungate. Il grado di permeabilità relativo è medio-alto nonostante l'elevato assortimento granulometrico dei depositi.

Il Complesso Detritico colluviale è un acquifero poroso eterogeneo ed anisotropo con una permeabilità per porosità ed un grado di permeabilità relativo discreto, non sede di falda acquifera.

Il Complesso Ignimbrítico allo stato incoerente presenta una permeabilità per porosità ed un grado di permeabilità basso. La circolazione idrica avviene prevalentemente nei livelli più grossolani. Laddove si presentano litoidi o semilitoidi costituiscono acquiferi omogenei e anisotropi, caratterizzati localmente da discreta trasmissività, permeabili per fessurazione.

Il reticolo idrografico superficiale consta di poche aste a regime torrentizio, piuttosto rettilinee quando dissecano i versanti carbonatici denotando un adattamento dei corsi d'acqua alle condizioni strutturali della roccia affiorante; il reticolo superficiale nella parte meridionale del Comune di Bellona è interessato dal corso del F. Volturmo con andamento a tratti rettilineo e a luoghi meandri forme.

Le precipitazioni meteoriche sono concentrate nel periodo autunnale e primaverile con una piovosità media annua di 900-1100 mm/a.

## **6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI**

Dal punto di vista geotecnico i litotipi riconosciuti e cartografati nel territorio comunale di Bellona rientrano sia nella categoria dei terreni sia negli ammassi lapidei. I terreni si distinguono inoltre sia in granulari che in coesivi.

Le indagini effettuate, nel corso del presente e dei precedenti studi, hanno fornito le indicazioni riportate in seguito; del resto, dato il carattere puntuale di dette indagini, ed in conseguenza dei numerosi fattori locali che possono influenzare il comportamento dei terreni prossimi ed analoghi, pur se appartenenti alle medesime formazioni, non si potrà mai prescindere, nell'utilizzazione del suolo, da una puntuale conoscenza geologico-tecnica del sito. A tale scopo sono state realizzate nel corso dei sondaggi n° 13 prove penetrometriche dinamiche S.P.T. con punta chiusa e con peso del maglio battente di 63,5 Kg. Nel corso dei

sondaggi, inoltre, sono stati prelevati n° 6 campioni indisturbati sottoposti ad analisi geotecniche per la valutazione delle caratteristiche generali e di resistenza a taglio. Le perforazioni di sondaggio sono state condotte dalla ditta IGEO sas con sede in Pastorano (CE), alla via A. Moro, munita di Attestazione SOA OS 20-B n. 4685/66/02. Le prove di laboratorio sono state altresì eseguite dal laboratorio geotecnico Soil Test con sede in Via Assunta, 47 Caserta, munito di regolare concessione del Ministero delle Infrastrutture per il Settore A, decreto n. 315 del 04/07/2018. Nella seguente tabella è riportato il prospetto delle prove eseguite.

sondaggio	profondità (m)	Campione indisturbato
S1	3.00-3.50	S1C1
S2	4.00-4.50	S2C1
S3	6.00-6.50	S3C1
S4	6.00-6.50	S4C1
S6	5.00-5.50	S6C1
S8	16.00-16.50	S8C1

Sondaggio	profondità (m)	n. colpi
S1	3.50-3.95	1/2/2
S1	9.50-9.95	3/5/7
S2	4.50-4.95	2/3/4
S3	4.50-4.95	3/4/4
S4	3.00-3.95	4/9/13
S4	6.50-6.95	23/35/55
S5	4.00-4.45	12/16/20
S5	8.5.-8.95	35/44/48
S6	5.50-5.95	3/4/5
S7	5.50-5.95	4/5/6
S8	16.50-16.95	8/10/13
S9	5.50-5.95	4/6/7
S10	12.50-12.95	7/9/10

I risultati sono così evidenziati:

#### FORMAZIONI DI SUBSTRATO ANTICO

- **Complesso carbonatico fratturato:** rientrano in tale complesso gli ammassi rocciosi carbonatici che costituiscono i rilievi di M. Grande e Raggeto. Tali ammassi risultano attraversati da una fitta rete di discontinuità strutturali rappresentati sia dai giunti di strato che da fratture. Le caratteristiche

geotecniche sono dunque influenzate dalle proprietà delle discontinuità presenti (apertura, persistenza, scabrezza, materiale di riempimento, ecc.). Il peso dell'unità di volume  $\gamma_{\text{nat}}$  oscilla mediamente intorno al valore di  $2,5 \text{ t/m}^3$ , ma può risultare inferiore e compreso tra  $2,3$  e  $2,5 \text{ t/m}^3$  a seconda dell'integrità e del grado di alterazione della roccia. I rilievi sono frequentemente interessati da intensi fenomeni di tettonizzazione che rendono scadente le proprietà dell'ammasso roccioso, costituito in prevalenza da litotipi dolomitici. In tali casi l'ammasso subisce un decremento di tutti i principali parametri di resistenza e deformabilità da valutarsi attentamente in sede di utilizzazione. L'orizzonte superficiale fratturato e parzialmente alterato dei carbonati presenta un peso dell'unità di volume  $\gamma_{\text{nat}}$  pari a  $2,3 \text{ gr/cm}^3$ .

#### FORMAZIONI DI COPERTURA QUATERNARIA

- **Complesso colluviale basale:** rientrano in tale formazione i depositi detritici alla base dei versanti, depositi di origine eluvio-colluviali, ed i terreni piroclastici sciolti in giacitura sia primaria che secondaria. Sono terreni prevalentemente a grana grossolana sabbiosi e a tratti ghiaiosi per la presenza di qualche clasto carbonatico e pomiceo con zone a carattere limoso a luoghi argillificati e si prestano in questo caso, se sottoposti a carichi verticali, a fenomeni di cedimento differenziale. La resistenza a rottura è funzione del grado di addensamento, mentre i moduli di compressibilità edometrica sono proporzionali al carico applicato. I parametri geotecnici medi ottenuti dalle analisi di laboratorio, dalle indagini in sito e da dati bibliografici presentano i seguenti valori:

Peso dell'unità di volume naturale $\gamma_{\text{nat}}$	1.55 – 1.95 $\text{t/m}^3$
Peso dell'unità di volume saturo $\gamma_{\text{sat}}$	1.55 – 2.00 $\text{t/m}^3$
Gravità specifica $G_s$	2.45 – 2.65
Porosità "n"	50 – 65 %
Indice dei vuoti "e"	1.0 – 1.8
Modulo Edometrico "Ed"	150 – 500 $\text{Kg/cm}^2$
Coazione "c"	0.0 – 0.05 $\text{Kg/cm}^2$
Angolo di attrito interno " $\varphi$ "	27 – 32°

- **Formazione dei terreni alluvionali:** rientrano in tale formazione i terreni limo-sabbio-ghiaiosi ed argillosi del F. Volturno, delle aste tributarie torrentizie interne. Si tratta di terreni eterogenei, rimaneggiati che hanno subito un processo di trasporto ad opera delle acque, compressibili e dalle caratteristiche di resistenza a taglio in genere molto variabili. Il comportamento geotecnico di questi materiali è differente in funzione del grado di compattazione, di cementazione e delle diverse aggregazioni litologiche e granulometriche.

Peso dell'unità di volume naturale $\gamma_{nat}$	1.70 – 1.85 t/m <sup>3</sup>
Peso dell'unità di volume saturo $\gamma_{sat}$	1.85 - 1.90 t/m <sup>3</sup>
Gravità specifica Gs	2.55 - 2.65
Porosità "n"	30 – 50 %
Indice dei vuoti "e"	0.7 – 0.9
Modulo Edometrico "Ed"	50 – 200 Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione "c"	0 – 0.2 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno " $\varphi$ "	24 – 35 °

- **Formazione litoide tufacea:** il tufo affiora estesamente nella fascia pedemontana e la piana e costituisce in gran parte il substrato dell'abitato di Bellona. Esso si presenta sia in facies litificata che incoerente. La coesione è pari ad una decina di Kg/cm<sup>2</sup> laddove il tufo si presenta in facies litoide mentre è nulla o quasi nulla laddove si presenta allo stato incoerente.

Lavoro di archivio	Sondaggio	sigla	prof. Prelievo	$\gamma_n$ (t/m <sup>3</sup> )	Gs (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	w (%)	n (%)	e	c (Kpa)	$\varphi$ (°)	granulometria
PUC2019	S1	C1	3.00-3.50	1.78	25.62	1.4	27.5	45.56	0.84	2.7	28.5	L,S(G)
	S2	C1	4.00-4.50	1.41	24.45	0.91	56.89	63.13	1.71	2.1	29.64	S,LG
	S3	C1	4.00-4.50	1.56	24.79	1.2	30.27	51.78	1.07	2.6	28.94	S,L(G)
	S4	C1	4.00-4.50	1.37	24.5	1.13	21.05	53.98	1.17	3.4	30.16	S,L(G)
	S6	C1	5.00-5.50	1.74	26.11	1.4	24.68	46.46	0.87	9.2	25.59	L,S
	S8	C1	16.00-16.50	1.56	24.93	1.18	32.34	52.59	1.11	2.7	32.33	S,L(G)

Tabella riassuntiva parametri geotecnici relativi alle formazioni di copertura da campioni prelevati nel corso della campagna indagini PUC 2019

## 7. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA

### *Quadro normativo e pericolosità sismica di base*

Il comune di Bellona (CE) è stato classificato sismico con D.M. LL.PP. 07/03/1981; tale classificazione ha comportato l'inserimento del comune in una zona di **II<sup>a</sup> categoria** cui fu attribuito un coefficiente di intensità sismica  $c$  pari a 0.07g (comune a media sismicità), inteso come percentuale dell'accelerazione di gravità ( $c = S-2/100$  dove  $S$  è il grado di sismicità pari nell'area in esame a 9); ai sensi della Delibera di G.R. della Regione Campania n° 5447/2002, che ha aggiornato la classificazione sismica del territorio campano (fig.4), il comune di Bellona non ha subito variazioni di categoria.

Secondo la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico  $A_g$  varia tra **0,100- 0,125g** (Fig. 5) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (OPCM 3519/2006 -  $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

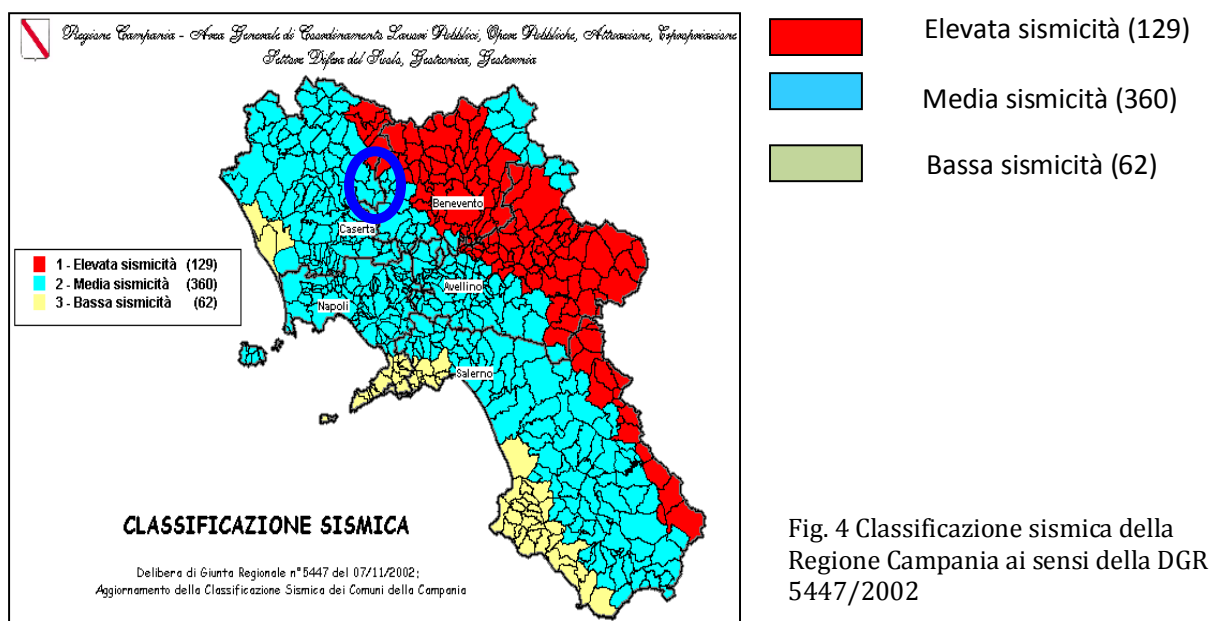


Fig. 4 Classificazione sismica della Regione Campania ai sensi della DGR 5447/2002

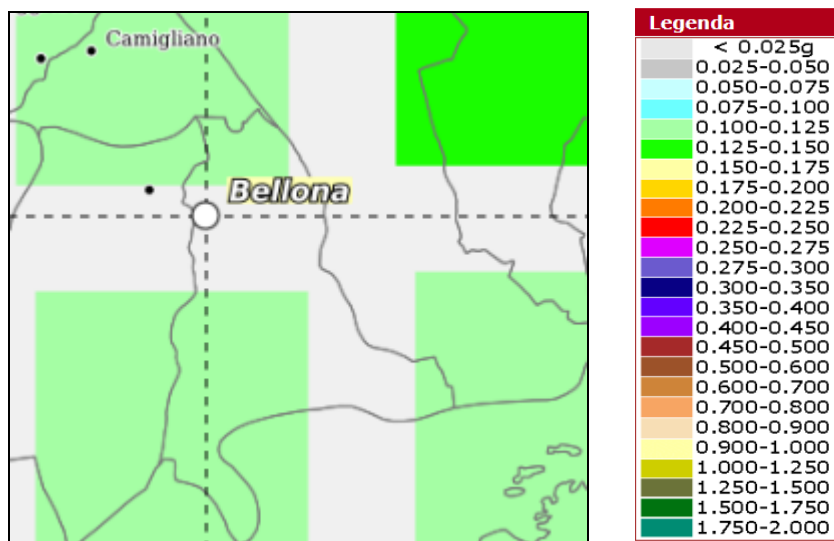


Fig.5: Mappa di pericolosità sismica per il comune di Bellona (da <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

### *Storia sismica di Bellona*

Il territorio di Bellona ricade in un settore regionale che presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica. Questa è, infatti, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici.

Per la verifica del grado di sismicità è stato condotto uno studio storico-statistico finalizzato ad individuare le aree epicentrali più significative e prossime all'area in studio.

Lo studio della bibliografia esistente e del catalogo dei terremoti italiani ha permesso di individuare i sismi ritenuti più significativi avvenuti nel passato, i cui effetti sono stati avvertiti nell'area in studio; questi sono di seguito elencati:

- Terremoto anno 927 - epicentro Ariano - Benevento (X);
- Terremoto anno 981 - epicentro Benevento (X);
- Terremoto anno 990 - epicentro BN - AV - Ariano - Conza (X);
- Terremoto anno 1095 - epicentro Benevento (X);
- Terremoto anno 1125 - epicentro Benevento (X);
- Terremoto anno 1139 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1139 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1158 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1180 - epicentro Ariano Irpino (X);

- Terremoto anno 1349 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1688 - epicentro Benevento - Ariano Irpino (IX);
- Terremoto anno 1694 - epicentro Alto Sele - Ariano Irpino (IX);
- Terremoto anno 1702 - epicentro Benevento - Ariano Irpino (X);
- Terremoto anno 1732 - epicentro Benevento-Avellino-Ariano Irpino (X);
- Terremoto anno 1805- epicentro Ariano Irpino - Avellino - Melfi (X);
- Terremoto anno 1885 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1905 - epicentro Benevento (IX);
- Terremoto anno 1905 - epicentro Benevento - Montesarchio (X);
- Terremoto anno 1962 - epicentro Ariano Irpino - Melito (X);
- Terremoto anno 1980- epicentro Alto Sele-Ofanto (X).

Il territorio comunale è, tuttavia, ubicato a margine delle strutture sismogenetiche situate lungo la direttrice Sannio-Matese orientale sulla quale si sono sviluppati alcuni dei principali terremoti precedentemente riportati.

La zonazione sismogenetica ZS9, che ha sostituito la ZS4, riporta la zona 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata), ai cui margini è ubicata Bellona, comprende l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, da circa 700.000 anni, sta interessando l'Appennino meridionale.

La storia sismica di Bellona mostra che il territorio è stato colpito da vari terremoti con intensità risentita massima sino al VI grado della scala Mercalli (database DBMI04 Osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani al di sopra della soglia del danno); tale Data Base è stato utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo parametrico C.P.T.I.04. Nella tabella che segue si riportano tutti gli eventi disponibili per Bellona nel suddetto database.

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1903 05 04 03:44	VALLE CAUDINA	80	7 4.73 ±0.22
NF	1970 09 27 19:18	MIGNANO	24	7 4.68 ±0.33
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4-5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	2003 06 01 15:45	Molise	516	5 4.50 ±0.09
NF	2003 12 30 05:31	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09

*Storia sismica di Bellona a partire dai dati disponibili del sisma del 6 Giugno 1882 nel database DBMI04. (legenda: **Is** = Intensità risentita al sito -scala MC - **Ix** = Intensità massima nella scala MCS in area epicentrale; **Mw** magnitudo momento).*

## 7.1 CARATTERISTICHE LITODINAMICHE

Per una corretta pianificazione urbanistica, risulta fondamentale conoscere il comportamento dinamico del terreno sotto le sollecitazioni sismiche. Per raggiungere questo obiettivo è necessario conoscere il livello di scuotibilità regionale e la risposta sismica del sito in esame. La prima conoscenza si raggiunge con gli studi di pericolosità sismica che permettono di sapere qual'è l'accelerazione massima che non verrà superata con un certo valore di probabilità in un fissato periodo di tempo. Di questo si è già discusso nel paragrafo precedente. La microzonazione sismica fornisce lo scostamento dovuto alle caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche del sito dal livello delle vibrazioni di riferimento.

I terreni che si rinvenivano in un'area di studio in virtù delle loro variabili caratteristiche intrinseche comportano differenti comportamenti sotto il profilo dinamico. A tal fine, facendo esplicito riferimento ai dettami delle leggi specifiche emanate, sono state realizzate all'interno del territorio comunale, oggetto di previsioni di piano, idonee indagini e ricerche bibliografiche per l'acquisizione dei parametri che possano caratterizzare i diversi materiali se attraversati da un treno d'onde sismiche. P

Per quanto concerne le indagini, la cui ubicazione è riportata nella Tavola n. 6 e n. 5, si è fatto riferimento alle terebrazioni eseguite sul territorio comunale a vario titolo in lavori di archivio. Tali indagini consistono in:

- **n° 4 prove** di sismica in foro **Down-hole** nei sondaggi effettuati nel corso della prima campagna Giugno 2019 per il P.U.C.
- **n. 3 prove di sismica passiva** con microtremori ambientali del tipo **H.V.S.R.**

**(Giugno 2019).**

- **n. 7 prove di sismica attiva del tipo M.A.S.W.**

Le caratteristiche litodinamiche dei terreni affioranti presentano i seguenti valori medi, tenendo conto che nei primi 2.0 di terreno superficiale la velocità delle onde P risulta generalmente piuttosto bassa con valori compresi tra 250 – 450 m/sec; tali velocità in genere tendono ad aumentare con la profondità e con l'aumento dello stato di addensamento del terreno.

<b>Terreni di copertura rimaneggiati:</b>		
Velocità delle onde di compressione "Vp":	250-500	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	120-250	m/sec
Rigidità litotipo "R":	400-600	t/mq s
Modulo di Young "E":	750-1500	Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson "ν":	0,25-0.33	
Modulo di taglio "G":	200 -800	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Depositi piroclastici in facies primaria e tufi incoerenti</b>		
Velocità delle onde di compressione "Vp":	500-1305	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	240-380	m/sec
Rigidità litotipo "R":	377-600	t/mq s
Coefficiente di Poisson "ν":	0,30 -0,35	

<b>Depositi tufacei coerenti</b>		
Velocità delle onde di compressione "Vp":	700-1800	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	280-680	m/sec
Rigidità litotipo "R":	448-1088	t/mq s
Coefficiente di Poisson "ν":	0,30 -0,32	

<b>Ammassi carbonatici (dati bibliografici):</b>		
Velocità delle onde di compressione "Vp":	3.500-5.000	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	2.000-2.900	m/sec
Rigidità litotipo "R":	8.750	t/mq s
Modulo di Young "E":	80.000-450.000	Kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson "ν":	0,22-0,25	
Modulo di taglio "G":	180.000	Kg/cm <sup>2</sup>
Modulo di Bulck "K":	300.000	Kg/cm <sup>2</sup>

<b>Terreni alluvionali e fluvio torrentizi (dati bibliografici):</b>		
Velocità delle onde di compressione "Vp":	280-1300	m/sec
Velocità delle onde di taglio "Vs":	197-450	m/sec
Rigidità litotipo "R":	918-765	t/mq s
Coefficiente di Poisson "ν":	0,30-0,35	

## 7.2 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta della Microzonazione Sismica, redatta in scala 1: 5.000, riporta la suddivisione del territorio in varie sottozone o microzone differenziate in funzione dei profili stratigrafici e soprattutto dei profili associati di velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità (microzonazione di primo livello o microzonazione in prospettiva sismica).

La redazione ha tenuto conto degli *"Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica"* elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008 e delle *Linee guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico* emanate nel 2007 dalla Regione Campania ed ha recepito, approfondendo e rielaborando, anche le risultanze dello studio di microzonazione sismica di primo livello redatto ai sensi del Decreto Dirigenziale G.R.C. n. 1279 del 27/10/2016.

All'informazione qualitativa si accompagna anche un approccio numerico. Per tale aspetto è possibile ricorrere all'impiego di parametri che quantificano la variazione del moto sismico in superficie e che sono determinabili con metodi semplificati (microzonazione livello 2). Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. Le amplificazioni sono espresse attraverso due fattori di amplificazione **FA** e **FV** da applicare alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e alto periodo (FV) per la cui determinazione analitica si rimanda al par. 2.5 di IMCS, 2008 vol. 1.

Secondo ICMS 2008, i criteri generali per la composizione degli abachi per gli effetti litostratigrafici e topografici sono di competenza regionale. Dal momento che la Regione Campania allo stato non è dotata di tali abachi e non sono disponibili per il territorio di Bellona microzonazioni sismiche di livello II e III, si è fatto riferimento agli abachi presenti negli stessi IMCS 2008 elaborati dal gruppo di lavoro del Dipartimento Protezione Civile nell'anno 2008 secondo le procedure definite al par. 2.5 Volume 1 di IMCS, 2008 e le risultanze contenute in volume 3 par. 3.2 "Abachi di riferimento" [*"Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica"* IMCS, 2008].

Per la determinazione dei valori di FA e FV si è fatto riferimento pertanto alle seguenti assunzioni:

- Macrozona di pericolosità sismica pari **ag = 0,18g** (valore conservativo in quanto la pericolosità sismica di base del territorio di Bellona rientra nell'ampio range  $0.100 < ag < 0.125$ )
- litologia prevalente: Sabbia
- Profilo di velocità con aumento lineare a pendenza intermedia (spessore della copertura di diverse decine di metri)
- Velocità media equivalente delle onde di taglio nella copertura sovrastante il basamento ( $V_{sh} = 300$ )

Pertanto il territorio comunale è stato suddiviso in zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale e zone instabili.

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali non si ipotizzano effetti di natura stratigrafica; in tali zone sono però riscontrabili effetti morfologici laddove i pendii superano i  $15^\circ$  di pendenza con altezza maggiore di 30 metri. Queste zone si contraddistinguono per la presenza del substrato geologico affiorante. Laddove la morfologia è pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa  $15^\circ$ ) si annullano gli effetti morfologici locali.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono quelle nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Sono le zone dove sono presenti terreni di copertura detritico-colluviale, piroclastica sia incoerente che coerente, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s < 800$  m/s). Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3 m.

Le **zone suscettibili di instabilità** sono quelle nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto) cui si associano inoltre tutte le aree in frana o ad alta attenzione riconosciute e già perimetrate nel PSAI "Rischio Frana" dell'ex AdB Liri-Garigliano-Volturno.

Tra le aree instabili sono state comprese anche le aree potenzialmente interessate dalla rottura di faglie attive e capaci (f.a.c) in superficie. Una f.a.c. è una faglia per la quale esistono evidenze di ripetuta riattivazione, con rottura della superficie topografica negli ultimi 40.000 anni (Olocene-parte alta del Pleistocene superiore).

In effetti il territorio di Bellona è attraversato in senso longitudinale da NW-SE dalla faglia capace, a cinematica normale, denominata **Piana del Volturno** (catalogo on line delle

faglie capaci redatto da ISPRA reperibile al sito internet <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>). Tale faglia a cinematica normale si sviluppa per circa 7 Km con un immersione del piano di faglia non definita allo stato attuale e una direzione media di circa 120°. L'ultima attività lungo la faglia è stimata nel tardo Pleistocene<sup>2</sup> (Fig. 6).



Fig. 6 Traccia linea di faglia capace Piana del Voturno (da catalogo on line delle faglie capaci redatto da ISPRA- mapping scale 1:250.000)

Ai sensi delle linee guida ICMS 2008 – INSTABILITÀ DA FAGLIE ATTIVE E CAPACI è stata cartografata la zona di attenzione comprendente la **supposta** traccia del piano di rottura principale e i **probabili** fenomeni deformativi del terreno correlati al piano di rottura principale. Negli studi di Microzonazione sismica di primo livello la zona di attenzione ha una dimensione raccomandata di 400 m (200+200 m) a cavallo della traccia del piano di rottura principale della faglia attiva e capace.

Nella tavola 5 sono opportunamente ubicate inoltre tutte le indagini di natura geofisica realizzate nell'ambito del territorio di interesse, mentre nella tavola 6 sono riportate la totalità delle terebrazioni esistenti e consultate per il presente studio.

Nella seguente tabella sono riportate le risultanze per la stima della profondità

---

<sup>2</sup> A. Ascione – A. Cinque (1999) “Progetto 5,1,2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - Faglie attive in Italia Meridionale - U.R. Università di Napoli

min/max/media del bedrock sismico a partire da misure strumentali di microtremori con individuazione della frequenza fondamentale  $f_0$  con tecnica basata sull'analisi dei rapporti spettrali  $H/V^4$  (cfr. Allegato "Indagini geofisiche") in aggiunta a prove di sismica in foro Down Hole eseguite nell'anno 2019 per le medesime finalità del presente lavoro.

N. Indagine	$F_0$ media (Hz)	H (m)
HVSR1 Chiesa Madre	$1.334 \pm 0.201$	55-75
HVSR2 P.zza D. Alighieri	$1.012 \pm 0.215$	86-130
HVSR3 Masseria Cuccola	$0.513 \pm 0.069$	210-275

Tabella indagini di rumore ambientale (microtremori) effettuate per la definizione della profondità del bedrock sismico a partire dalla frequenza fondamentale misurata (Hmin: profondità minima; Hmax: prof. Massima; Hmean: prof. Media dal p.c.)

Nello spazio cartiglio sono riportate anche le principali colonne litostratigrafiche schematiche relative alle microzone oggetto di amplificazione con una breve descrizione dei litotipi, indicazioni su spessore e Vs.

## MICROZONE OMOGENEE STABILI

### Microzona 1

Rientrano in tale microzona le aree caratterizzate dall'affioramento di masse carbonatiche ceno-mesozoiche fratturate e stratificate ampiamente estese nel territorio comunale di spessore dell'ordine centinaia di metri. Lungo i versanti si rilevano coperture detritico-colluviali ed eluviali con spessori limitati, frequentemente discontinui, e comunque inferiori a 3.0 metri. Il profilo delle velocità delle onde S è  $\geq 800$  m/sec.

In tale microzona non sono attesi fenomeni di amplificazione locale del segnale sismico per cause stratigrafiche, ma le condizioni morfologiche sono tali per cui è necessario incrementare l'azione sismica di progetto mediante l'applicazione di un coefficiente di amplificazione topografica (ST). In assenza di studi specifici si raccomandano per ST i valori

---

<sup>4</sup> La metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza, consentendo di ricavare così la frequenza fondamentale di un sito. Tale frequenza  $f_0$  può essere impiegata per definire la profondità dell'interfaccia H cui corrisponde il contrasto di impedenza bedrock/copertura nota la velocità delle onde S negli strati sovrastanti utilizzando la formula:  $f_0 = V_s / 4H$  (Nakamura, 1989).

seguenti, desunti da Eurocodice 8:

- $S_T \geq 1,2$  per siti con pendii scoscesi isolati con pendenza  $> 15^\circ$  e altezza  $> 30$  m;
- $S_T \geq 1,2$  per siti su rilievo aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media compresa tra  $15^\circ$  e  $30^\circ$ ;
- $S_T \geq 1,4$  per siti su rilievo con pendenza  $> 30^\circ$ .

Talune aree interessate da intensa fratturazione per la presenza di lineamenti strutturali (decremento delle proprietà meccaniche) si potranno classificare come stabili suscettibili di amplificazione locale.

Inoltre, ai sensi del D.M. 14/01/2018 (NTC), mediante l'approccio semplificato basato sull'attribuzione di una categoria di suolo al profilo stratigrafico, è possibile ricondurre i terreni della Zona 1 alla categoria di suolo "A" (Tab. 3.2.II).

In tale microzona si escludono fenomeni di liquefazione spontanea.

## **Microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale**

### **Microzona 2**

Rientrano in tale microzona il complesso detritico colluviale alla base dei versanti carbonatici di spessore max dell'ordine dei 5-6 mt; inoltre appartengono a tale microzona i depositi riconducibili al complesso ignimbrico tufaceo allo stato litoide o poco coerente.

Dato le caratteristiche geologico-tecniche (granulometria, stato di addensamento e/o di cementazione) sono altamente improbabili fenomeni di compattazioni del non saturo.

La velocità delle onde di taglio S nei termini incoerenti colluviali è variabile ed oscilla tra 160-250 m/s con tendenza all'aumento graduale con la profondità; nei materiali tufacei da scarsamente/debolmente saldati a coerenti le Vs possono variare tra 280-580 nei primi e tra 500-680 m/s nei secondi.

Nella microzona si rileva una diffusa variabilità nel tetto del substrato sismico per la presenza di lineamenti strutturali che ribassano a gradinata il bedrock carbonatico verso il fondovalle con rigetti dell'ordine delle centinaia di metri. La stima della profondità del substrato è stata effettuata con l'ausilio dei microtremiti misurati a stazione singola con metodologia HVSR in abbinamento alle prove di sismica in foro DH eseguite nell'anno 2019 per le stesse finalità del presente lavoro.

Dal momento che in gran parte della microzona in esame il tetto del substrato(H) ha un ampio margine di variabilità da ca 32-34 mt loc. Monticello, passando a ca 55-75 presso la

Chiesa Madre ad oltre 210 metri di profondità verso il corso del F. Volturno, la determinazione dei fenomeni amplificativi mediante i fattori min-max FA e FV può essere effettuata per questa microzona per vari range di H (profondità substrato sismico) per una velocità media  $V_{SH}$  delle onde di taglio nella copertura di ca 300 (Fig. 7):

localizzazione area	FA	FV	H (m)
<b>Loc. Monticello</b>	1.46-1.64	2.11-2.20	30-35
<b>Bellona_Chiesa madre</b>	1.13-1.23	1.90-1.99	60-70
<b>Bellona_P.zza D. Alighieri</b>	0.84-0.91	1.59-1.62	100-110
<b>Bellona_Masseria Cuccola</b>	0.69	1.5	>150

In tali aree si rinviene la falda acquifera a partire da profondità dal p.c. di circa 17-20 nelle aree centro settentrionali, mentre nelle zone prossime alla fascia pedemontana la falda si approfondisce verso distanze di sicurezza ad oltre 30 metri; verso il corso del F. Volturno la falda acquifera si rinviene nei metri di stretto interesse sismologico con soggiacenze tra 8-10m per cui è stata valutata l'insorgenza di fenomeni di liquefazioni in caso di sisma (cfr. Par. 7.3). A tal fine le risultanze delle verifiche semiquantitative eseguite hanno evidenziato un potenziale di liquefazione da molto basso ad assente.

Inoltre, ai sensi del D.M. 14/01/2018 (NTC), mediante l'approccio semplificato basato sull'attribuzione di una categoria di suolo al profilo stratigrafico, è possibile ricondurre generalmente i terreni della Zona 2 alla categoria di suolo "**B**" e a luoghi alla categoria **C** (Tab. 3.2.II NTC 2018).

In tale microzona, inoltre, non si esclude la rottura di faglie in superficie lungo la faglia attiva e capace denominata Piana del Volturno.

Studio Geologico Piano Urbanistico Comunale - Comune di Bellona (CE)

Fattore di amplificazione FA		Tipo di terreno Sabbia		$a_g (g)$ 0.18g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ref} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01
	10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03
	15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06
	20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08
	25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11
	30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11
	35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10
	40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09
	50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06
	60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02
	70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98
	80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97
	90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95
	100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94
	110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92
120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91	
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90	
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88	
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86	

Fattore di amplificazione FV		Tipo di terreno Sabbia		$a_g (g)$ 0.18g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ref} (m/s)$									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07	
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06	
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05	
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04	

Fig. 7 Abachi di riferimento da "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" IMCS, 2008 per la microzona 2

### Microzona 3

Rientrano in tale microzona i depositi incoerenti o poco coesivi riconducibili alle alluvioni attuali, recenti ed antiche del F. Volturno a granulometria essenzialmente fine da limo-argillosa a sabbiosa.

La falda idrica soggiace a profondità minime dal p.c. di ca 2 metri. E' stato valutato a tal fine il potenziale di liquefazione medio in caso di sisma in tale microzona da cui scaturisce un pericolo molto basso o assente (cfr. Par. 7.3).

In tali aree, in caso di una utilizzazione ai fini edilizi, si dovranno valutare con indagini specifiche lo stato di addensamento al fine di prevenire eventuali fenomeni di eccessivo costipamento del non saturo.

La velocità delle onde di taglio S nei termini più superficiali oscilla tra 217-297 m/s con tendenza all'aumento graduale con la profondità.

Dal momento che in gran parte della microzona in esame il tetto del substrato si attesta mediamente a profondità maggiori di 200 metri, la determinazione dei fenomeni amplificativi mediante i fattori FA e FV può essere effettuata considerando la massima profondità del bedrock contenuta negli abachi disponibili e velocità VSH delle onde di taglio nella copertura variabile tra 300:

$$FA = 0.69$$

$$FV = 1.50$$

Inoltre, ai sensi del D.M. 14/01/2018 (NTC), mediante l'approccio semplificato basato sull'attribuzione di una categoria di suolo al profilo stratigrafico, è possibile ricondurre generalmente i terreni della Zona 3 alla categoria di suolo "C" o localmente D (Tab. 3.2.II).

Studio Geologico Piano Urbanistico Comunale - Comune di Bellona (CE)

Fattore di amplificazione FA		Tipo di terreno Sabbia		$a_g$ (g) 0.18g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ref}$ (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01
	10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03
	15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06
	20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08
	25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11
	30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11
	35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10
	40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09
	50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06
	60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02
	70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98
	80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97
	90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95
	100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94
	110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92
120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91	
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90	
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88	
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86	

Fattore di amplificazione FV		Tipo di terreno Sabbia		$a_g$ (g) 0.18g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
		$V_{ref}$ (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07	
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06	
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05	
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04	

Fig. 4 Abachi di riferimento da "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" IMCS, 2008 per la microzona 3

## ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Tra queste rientrano tutte le aree instabili come definite nella relativa Carta della Stabilità accorpate sotto un'unica dicitura. In particolare rientrano tra queste le aree:

- ✓ che coincidono con le fenomenologie franose rilevate nel corso del presente studio;
- ✓ che coincidono con le aree a rischio idrogeologico molto elevato (**R4**), elevato (**R3**), aree di medio-alta attenzione (**A3**), media attenzione (**A2**) e moderata attenzione (**A1**), come individuate e perimetrate dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI - Rischio frana (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale);
- ✓ che coincidono con le aree di attenzione e/o rischio potenzialmente alto (**Apa e Rpa**), potenzialmente interessate da fenomeni di innesco, transito ed accumulo di frana di intensità massima attesa elevata, come individuate dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI - Rischio frana (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale);
- ✓ che costituiscono le pareti subverticali di aree oggetto di estrazione di inerti calcarei (cave a fronte unico) non oggetto di messa in sicurezza e riqualificazione ambientale;
- ✓ le aree comprese nella **Fascia fluviale A** del F. Volturno come perimetrate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno (ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale); tale area è definita come l'alveo di piena che garantisce il libero deflusso della piena standard, corrispondente ad un periodo di ritorno di 100 anni;
- ✓ le aree comprese nella **sottofascia fluviale B1** come perimetrate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=30$  anni e altezza idrica  $h=90$  cm delle piene con periodo di ritorno  $T=100$  anni;
- ✓ le aree comprese nella **sottofascia fluviale B2** come perimetrate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno compresa tra il limite della sottofascia B1 compresa tra il limite della fascia fluviale B1 e quello dell'altezza idrica  $h=30$  cm delle piene con  $T=100$  anni.

- ✓ La **zona di attenzione intorno alla faglia attiva e capace** denominata della Piana del Volturmo con una dimensione raccomandata di 400 m (200+200 m) a cavallo della traccia del piano di rottura principale

### 7.3 LIQUEFAZIONE SPONTANEA

Il fenomeno della liquefazione dinamica assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi; il meccanismo di tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche relative al sisma (magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima al sito) che da quelle del terreno (distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in situ iniziale, etc.). La previsione della pericolosità di liquefazione si basa, oltre che sui parametri del sisma atteso, sulla stima di un "potenziale di liquefazione" del terreno, il quale dipende da una serie di parametri geotecnici quali ad esempio:

- a) distribuzione granulometrica: sono suscettibili di liquefazione i terreni con diametro mediano dei grani  $D_{50}$  compreso fra 0.075mm e 2mm e coefficiente di uniformità compreso fra 2 e 5 (sabbie e sabbie limose);
- b) indice di plasticità: il fenomeno è possibile in terreni caratterizzati da un indice di plasticità inferiore a 10%;
- c) densità relativa: sono suscettibili di liquefazione i terreni sciolti con densità relativa  $D_r < 50\%$  o nei quali  $N < 2z$ , dove  $N$  è il numero di colpi della prova penetrometrica standard (SPT) e  $z$  la profondità in metri;
- d) saturazione: sono suscettibili di liquefazione i terreni in cui la falda è prossima al piano di campagna;
- e) profondità: in genere il fenomeno di liquefazione si può verificare entro i primi 20 m di terreno o comunque per pressioni verticali di confinamento inferiori a 200kPa.

Nel territorio di Bellona, la falda acquifera è rilevabile nei metri di stretto interesse geotecnico e sismico (cfr. Tav. 4) nella porzione più meridionale, ovvero verso l'asse del corso del F. Voltruno, laddove la quota assoluta della falda oscilla a cavallo della isopiezica +25 m slm con soggiacenze del pelo libero della falda inferiori a 15 mt

Nella microzona 2 è stato valutato il potenziale di liquefazione adoperando metodi semiquantitativi semplificati basati sulle risultanze di prove SPT (cfr. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica) i cui dati input e output sono riportati nel seguito. In effetti il potenziale di liquefazione è molto basso o assente in quanto la componente fine (FC) rilevata è sempre superiore al 30% ed il valore corretto di  $N_{spt}$  nei terreni sotto falda è  $> 20$  trattandosi di ceneriti da saldate a debolmente saldate.

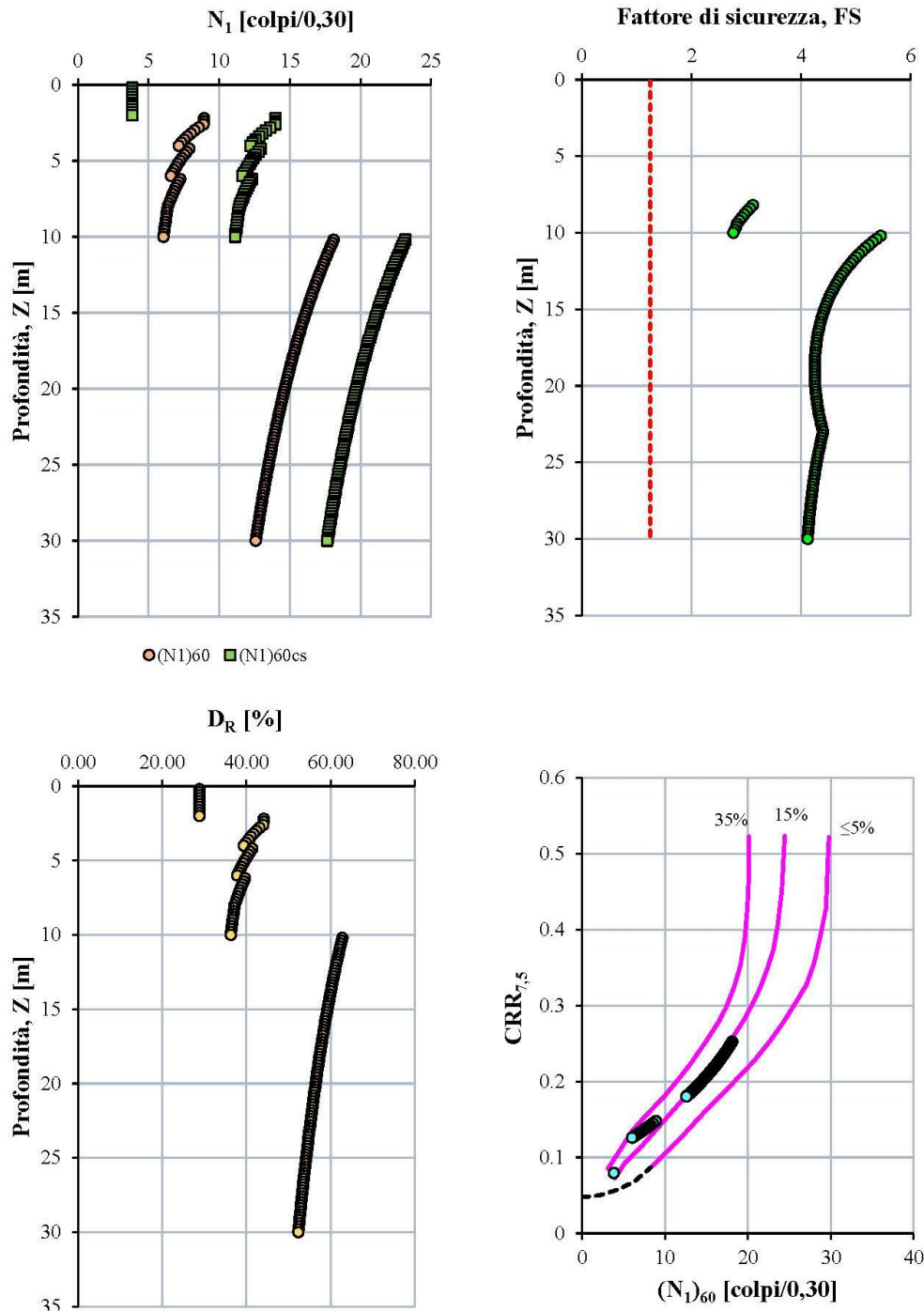
Dati di input

Profondità di calcolo	<i>da 8.0 m</i>	
Profondità falda dal p.c.	<i>8.00 m</i>	
Peso di volume del terreno	<i>14 KN/m<sup>3</sup></i>	
Peso di volume del terreno saturo	<i>15.50 KN/m<sup>3</sup></i>	
Numero di colpi SPT	<i>&gt;20</i>	
Frazione fine (%)	<i>&gt;25</i>	
Accelerazione massima orizzontale di situ (SLV)	<i>0.145g</i>	
Magnitudo momento	<i>5.5</i>	
FS da normativa	<i>1,25</i>	

Algoritmi di calcolo:

- ✓ *Rd (fattore di riduzione) Idriss 1999*
- ✓ *MSF (fattore di correzione) Idriss, 1999; Idriss e Boulanger (2010)*
- ✓ *(N1)60CS ( numero di colpi SPT corretto) Idriss e Boulanger (2004, 2008)*
- ✓ *CN (fattore di sovraccarico) Liao e Whitman (1986a)*

Grafici di Output



Allo stesso modo nella microzona 3, laddove la falda può soggiacere a profondità ridotte anche di -2 mt dal p.c., è stato valutato il potenziale di liquefazione adoperando metodi semiquantitativi semplificati basati sulle risultanze di prove SPT (cfr. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica) i cui dati input e output sono riportati nel seguito. Anche in questo caso in effetti il potenziale di liquefazione è molto basso o assente in quanto la componente fine (FC) rilevata è sempre superiore al 30% trattandosi di depositi alluvionali a grana

essenzialmente fine (limi sabbiosi e argillosi, argilla limosa con sabbia).

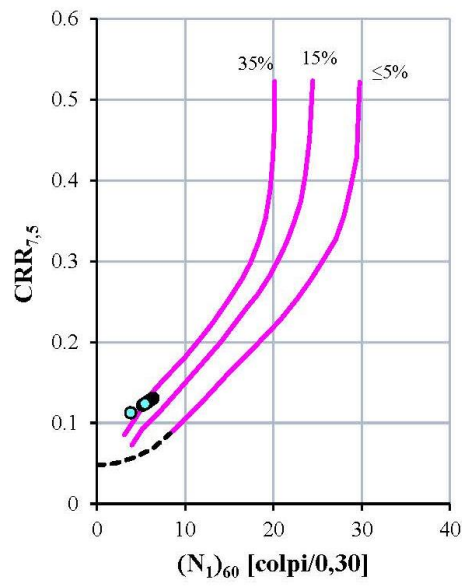
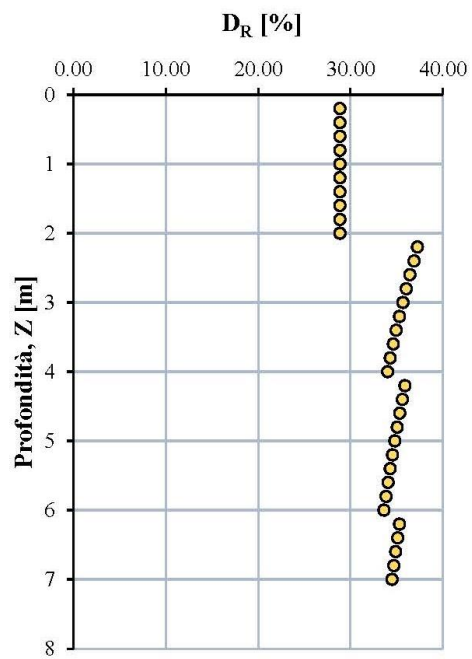
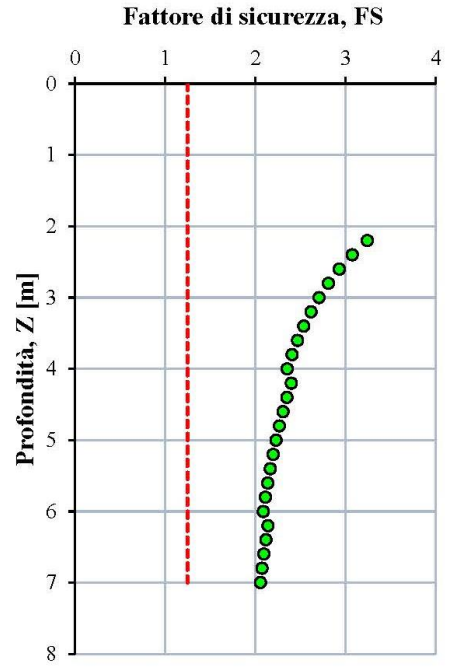
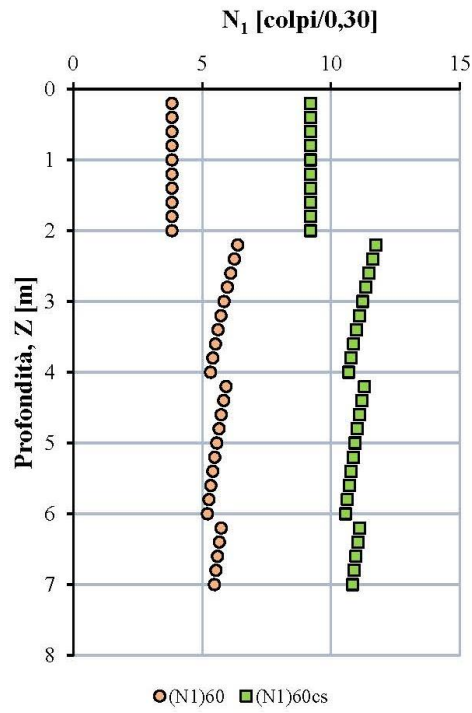
Dati di input

Profondità di calcolo	<i>da 2.0 m</i>
Profondità falda dal p.c.	<i>2.00 m</i>
Peso di volume del terreno	<i>16 KN/m<sup>3</sup></i>
Peso di volume del terreno saturo	<i>17.50 KN/m<sup>3</sup></i>
Numero di colpi SPT	<i>3-5</i>
Frazione fine (%)	<i>&gt;30</i>
Accelerazione massima orizzontale di situ (SLV)	<i>0.145g</i>
Magnitudo momento	<i>5.5</i>
FS da normativa	<i>1,25</i>

Algoritmi di calcolo:

- ✓ *Rd (fattore di riduzione) Idriss 1999*
- ✓ *MSF (fattore di correzione) Idriss, 1999; Idriss e Boulanger (2010)*
- ✓ *(N1)60CS (numero di colpi SPT corretto) Idriss e Boulanger (2004, 2008)*
- ✓ *CN (fattore di sovraccarico) Liao e Whitman (1986a)*

Grafici di Output



## 8. PRESCRIZIONI D'USO A CARATTERE GEOLOGICO

Nel presente studio si è investigato riguardo gli ambiti geologici s.l. del territorio comunale di Bellona, a partire da conoscenze pregresse e da documentazione tecnica già disponibile, riveduta ed aggiornata sulla base di dettagliati rilievi geologici e geomorfologici di superficie ex-novo, integrati da una mirata campagna di indagini geofisiche, nel rispetto del quadro normativo vigente. Del resto dato il carattere generale di orientamento ed indirizzo di questo studio, seppur specialistico e specifico, nei confronti della suscettività d'uso dei vari ambiti geologici, si rimanda alle fasi di attuazione di questo livello di pianificazione, per l'esecuzione di ulteriori rilevamenti sia di superficie che attraverso l'ausilio di indagini geognostiche, dirette ed indirette, finalizzati a caratterizzare la litostratigrafia locale, gli aspetti geotecnici del volume significativo del sottosuolo investito dalle strutture, le condizioni geomorfologiche al contorno, la risposta sismica del singolo sito con l'individuazione dei fattori che modificano il segnale sismico nella sua propagazione verso la superficie.

Pertanto, sulla base dei risultati scaturiti dal presente studio, ai fini del corretto uso del territorio, si riportano le seguenti prescrizioni per le diverse aree così perimetrate e classificate nella Tav. 4 "Carta della Stabilità" e nella tavola di sintesi "Carta della Microzonazione Sismica".

**Aree Stabili:** sono consentiti qualsiasi tipo di intervento previa acquisizione dei parametri geologico-geomorfologici-geotecnici e idrogeologici secondo le modalità previste dalla normativa vigente. A partire dagli studi di microzonazione sismica del territorio eseguiti da parte del Comune di Bellona, dovranno essere valutate le azioni sismiche di progetto per ogni sito di costruzione, nonché valutate tutte le caratteristiche dell'ambito territoriale significativo, al fine di determinare la risposta sismica locale con specifiche analisi; solo in condizioni stratigrafiche e morfologiche chiaramente riconducibili ai profili di suolo contenuti nella Tab.3.2II delle N.T.C. 2018 è possibile far riferimento all'approccio semplificato. Le relazioni geologiche allegate ai singoli progetti devono contenere tutti gli elementi richiesti dalla normativa vigente, in particolare D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018) [Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018] e Legge Regionale n. 9 del 7/01/1983 con ss.mm.ii.

**Aree Instabili:** La perimetrazione di tutte le aree instabili è riportata nella Tav. 4 "Carta della Stabilità del Territorio" nonché nella carta di sintesi della Microzonazione Sismica Tav. 5; trattasi di aree non edificabili; nelle aree dove insiste un pericolo da frane (v. Tav. 4 e 5

“Carta della Stabilità” e “Carta della Microzonazione Sismica”) valgono i divieti e le prescrizioni contenute nelle Norme di Attuazione al Titolo II° redatte dall'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno (ora Distretto Idrografico Appennino Meridionale) per il Piano Stralcio – Rischio Frana.

Nelle aree che rientrano nelle fasce fluviali del F. Volturno (Fascia A e Fascia B) valgono i divieti e le prescrizioni contenute nelle Norme di Attuazione del PSDA Parte Seconda (Norme sulla regolamentazione d'uso delle fasce fluviali) artt. 8-9.

Nell'ambito delle zone instabili si sono incluse eventuali fasce di rispetto nei confronti di orli di terrazzi e/o scarpate verticali suscettibili di amplificazione sismica e dissesto.

Si prescrive inoltre, come già precedentemente riportato, l'inedificabilità per un intervallo di +200 metri dal lineamento strutturale noto in letteratura come Faglia di San Pietro Infine, riportata nel Catalogo delle faglie capaci come suscettibile di riattivazione con possibilità di rotture in superficie.

**Aree il cui livello di stabilità deve essere definito a seguito di indagini dettagliate ed approfondite:** gli interventi sono subordinati all'applicazione della normativa vigente con particolare riguardo al D.M. 17/01/2018, alla Circolare del Consiglio Sup. LL.PP. del 27/07/2018 “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.

Si segnala la necessità che nelle norme di attuazione dello strumento urbanistico venga esplicitamente richiesto che nelle relazioni tecniche progettuali sia dichiarato che sono state tenute in considerazione le risultanze della microzonazione sismica del territorio.

DATA

Marzo 2024

*Il Consulente Geologo*

**Dr. Geol. Giuseppe D'Onofrio**

