



**COMUNE di
CASTELSANTANGELO SUL NERA**
Provincia di Macerata

COMUNE DI CASTELSANTANGELO SUL NERA

Provincia di Macerata



**PIANO COMUNALE DI
EMERGENZA
DI PROTEZIONE CIVILE**



Approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 2 del 24/01/2019
Aggiornato con Delibera del Consiglio Comunale n. 13 del 23/04/2020

Castelsantangelo sul Nera	Rev.
Aprile 2020	0

elaborazione a cura di:

Dott. Geol. Marcello Maccari, Dott. Geol. Alessandro Onorati, Dott. Geol. Alfonso Russi

Allegato 5 – Microzonazione Sismica di 3° Livello

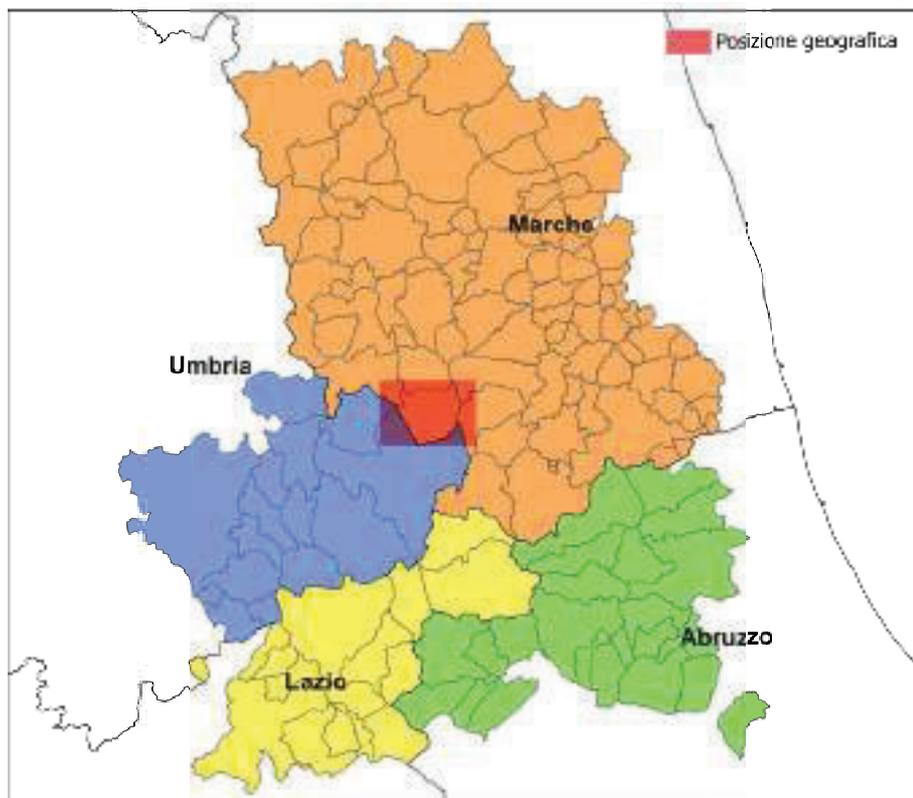


Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Castelsantangelo sul Nera
ai sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n.24 registrata
il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche Comune di Castelsantangelo sul Nera



Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Marcello Maccari

Dott. Geol. Alessandro Onorati

Dott. Geol. Alfonso Russi

Data e revisione

9 aprile 2018 - REV.2

CENTROMS

CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

INDICE

1	PREMESSA	1
2	UBICAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI	3
3	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE GENERALI	5
3.1	GRUPPO GIURASSICO	7
3.1.1	Calcare massiccio (Hettangiano-Carixiano)	8
3.1.2	Calcarei nodulari (Carixiano-Titoniano inferiore)	9
3.1.3	Calcarei diasprini - successione composta (Bajociano inf.-Titonico inferiore)	10
3.1.4	Corniola (Sinemuriano P.P.-Toarciano inf.)	10
3.1.5	Marne di Monte Serrone (Pliensbachiano P.P.-Toarciano P.P.)	10
3.1.6	Calcarei diasprini - successione completa (Calloviano-Titonico inferiore)	11
3.2	GRUPPO CRETACICO-PALEOGENICO	11
3.2.1	Maiolica (Titonico superiore - Aptiano)	12
3.2.2	Marne a fucoidi (Aptiano P.P.-Albiano P.P.)	12
3.2.3	Scaglia bianca (Albiano sup. P.P.-Turoniano inf. P.P.)	12
3.2.4	Scaglia rossa (Turoniano inferiore-Eocene medio P.P.)	13
3.2.5	Scaglia variegata-Scaglia cinerea (Eocene medio-Aquitano)	13
3.3	QUATERNARIO	14
3.3.1	Detriti di falda	14
3.3.2	Depositi di conoide	15
3.3.3	Depositi eluvio-colluviali	15
3.3.4	Depositi alluvionali	16
3.3.5	Depositi fluvio-glaciali	16
3.3.6	Depositi di frana	16
3.4	GEOMORFOLOGIA	18
3.4.1	Capoluogo	19
3.4.2	Rapegna	20
3.4.3	Nocelleto	21
3.4.4	Gualdo	22
3.4.5	Vallinfante - Macchie	23
3.4.6	Nocria	24
4	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	25
4.1	Classificazione sismica comunale e pericolosità sismica di base	28
5	PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI	30
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA	31
6.1	Caratterizzazione geotecnica	31
6.1.1	Strumentazione utilizzata	33
6.2	Caratterizzazione geofisica	34
6.2.1	Strumentazione utilizzata	35
7	ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI	35
8	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	37
9	MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO	38
10	ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA MEDIANTE MODELLAZIONE 1D E 2D	41
10.1	Modellazione 1D	41
10.2	Modellazione 2D	43
11	CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	45
12	RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE	45
12.1	Carta delle indagini	46
12.2	Carta CGT	46
12.3	Carta delle Frequenze	48
12.4	Carta delle MOPS	49
12.4.1	Carta delle MOPS livello 3 - scala 1:5.000	49
12.4.2	Carta delle MOPS livello 1/livello 3 - scala 1:10.000	51
12.5	Carta di Microzonazione Sismica di livello 3	54
13	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	55
14	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	56

1 PREMESSA

La recente crisi sismica che ha interessato il settore appenninico compreso tra le regioni Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria ha spinto il *Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione* ad emanare un piano finalizzato a dotare i Comuni colpiti degli studi di microzonazione sismica (MS) di livello 3, necessari a supportare i piani di ricostruzione. In particolare con il Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017 si promuove, all'articolo 1, l'immediata effettuazione del piano per la microzonazione sismica di livello 3 individuando il Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (Centro MS), quale organismo di coordinamento scientifico e di supporto per i professionisti incaricati dalle varie amministrazioni comunali per la redazione degli studi di microzonazione sismica di livello 3. Con successiva ordinanza (n. 24 del 12 maggio 2017) del *Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione* vengono poi assegnati i relativi finanziamenti.

In tale piano rientra anche il comune di Castelsantangelo sul Nera per il quale, in passato, sono stati eseguiti gli studi di MS di livello 1, che hanno riguardato sia il centro urbano sia la maggior parte delle frazioni.

In tale contesto il Comune di Castelsantangelo sul Nera (MC), ha affidato al RTP costituito dallo S.G.A. *Studio Geologico Associato di A. Onorati e M. Maccari* e dal *Prof. Geol. Alfonso Russi*, l'incarico per lo "**Studio di microzonazione sismica di livello 3**".

Nella pianificazione di detto studio, tenendo nella debita considerazione il finanziamento concesso e le nuove indagini geognostiche e sismiche da eseguire obbligatoriamente, scelte dall'elenco riportato nel disciplinare di incarico e più precisamente definite negli incontri tra i professionisti incaricati ed i referenti del Centro di Microzonazione Sismica nazionale, è stato valutato, di concerto con l'amministrazione comunale, di concentrare gli studi nell'ambito del capoluogo e dei nuclei frazionali più importanti.

Gli studi di MS sono stati realizzati così come stabilito dal Centro di Microzonazione Sismica nazionale e secondo le modalità e le finalità definite negli ICMS (2008), nelle linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da deformazioni cosismiche permanenti e negli standard nazionali di rappresentazione e archiviazione (Standard versione 4.0b).

Lo studio è stato sviluppato secondo le fasi seguenti:

- individuazione delle aree oggetto di indagine;
- analisi degli elaborati cartografici e delle indagini di cui allo studio di microzonazione di primo livello;
- programmazione e realizzazione della campagna di indagini sismiche e geognostiche con esecuzione di prove geotecniche in foro e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in campo statico e dinamico;
- definizione del modello geologico geotecnico sulla base dei risultati delle nuove indagini con realizzazione di sezioni litostratigrafiche e relativa classificazione sismica dei terreni;
- esecuzione delle analisi numeriche in campo mono e bidimensionale (quest'ultimo a cura Centro di Microzonazione Sismica), al fine di fornire una stima quantitativa della risposta sismica locale;
- definizione dei fattori di amplificazione sismica;
- realizzazione delle cartografie di microzonazione sismica;

- stesura della relazione descrittiva.

La finalità principale della MS3 è la realizzazione di uno studio di pericolosità sismica molto avanzato con la caratterizzazione del territorio in microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) secondo gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica.

Il termine “microzona” indica come tale caratterizzazione contenga un dettaglio del territorio tale da fornire elementi utili alla pianificazione territoriale sia nella fase di ricostruzione/progettazione sia nella futura elaborazione di piani urbanistici generali o di loro varianti.

2 UBICAZIONE E RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

Il Comune di Castelsantangelo sul Nera (MC) occupa un territorio vasto circa 70,67 km², al margine sud-occidentale della Regione Marche, ricadendo nella parte centrale del territorio protetto del Parco Nazionale dei Monti Sibillini. Esso conta 8 frazioni oltre al Capoluogo: Gualdo, Macchie, Nocelleto, Nocria, Pian dell’Arco, Rapegna, Spina di Gualdo, Vallinfante.

Il suo territorio confina con quello dei comuni marchigiani di Visso (MC), Montefortino (FM) e Montemonaco (AP), ed i comuni umbri di Norcia (PG) e Preci (PG).

Secondo dati ISTAT, la popolazione residente al 31/12/2015 era di 281 abitanti, con una densità di circa 4 ab/km².

Le aree interessate dalle attività di studio di microzonazione sismica di livello 3 riguardano oltre al Capoluogo le frazioni di Gualdo, Macchie, Nocelleto, Nocria, Rapegna e Vallinfante ricomprese nella seguente cartografia I.G.M.:

- Carta d'Italia, scala 1:100.000 Foglio 132 – “Norcia”
- Carta d'Italia, scala 1: 50.000 Foglio 325 – “Visso”
- Carta d'Italia, scala 1: 25.000 Foglio 132 IV S.E. – “Castelsantangelo”

- Carta Tecnica Regionale, scala 1: 10.000

Fogli: 325060 - 325070 - 325100 - 325110 - 325140 - 325150



Figura 1 – Inquadramento regionale (Marche)

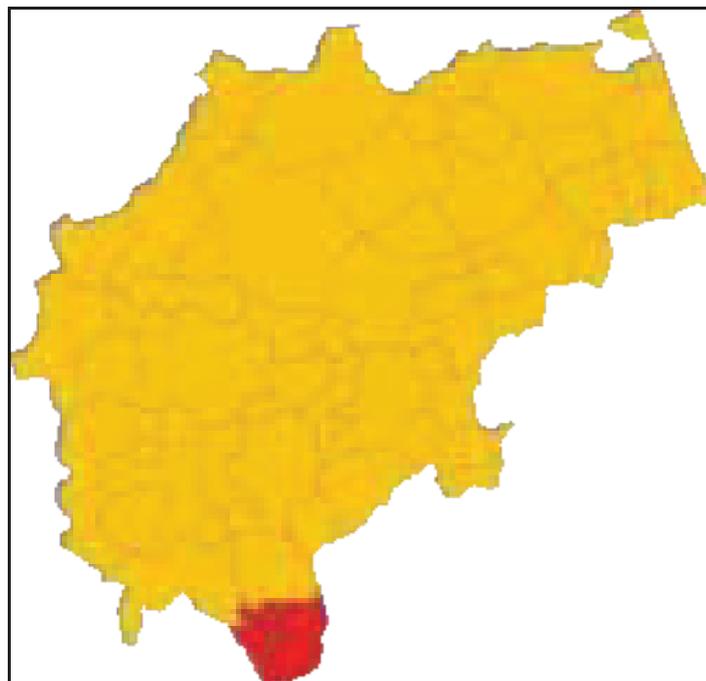


Figura 2 – Inquadramento provinciale (Macerata)



Figura 3 – Inquadramento comunale – Territori confinanti

3 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE GENERALI

Il territorio del comune di Castelsantangelo sul Nera si individua in un settore della dorsale appenninica umbro-marchigiana interessato da un'intensa attività tettonica che ha dato luogo alla formazione di numerose faglie, pieghe e sovrascorrimenti. Vi affiorano i terreni che costituiscono il *multilayer* sedimentario, di età mesozoico-paleogenica, appartenente al dominio appenninico umbro-marchigiano, rappresentato da un'unità calcarea di piattaforma carbonatica e da una successione pelagica ed emipelagica ben stratificata.

La deposizione di questi terreni avviene in un intervallo di tempo compreso tra il Trias superiore e l'Oligocene ed in maniera più o meno omogenea nel bacino, tranne nel periodo Lias-Dogger dove, causa un'intensa tettonica distensiva sinsedimentaria, l'originaria piattaforma carbonatica, rappresentata dall'attuale Formazione del Calcarea massiccio, viene frantumata e disarticolata in numerosi blocchi che subiscono un lento e progressivo approfondimento (subsidenza). La velocità di subsidenza, comunque, non è costante per ogni blocco o gruppi di essi,

per cui il fondo marino si articola in zone rialzate (*seamounts*) e zone di bacino (Fig.4) che determinano una chiara differenziazione di ambienti deposizionali presentando sequenze sedimentarie, litologie, associazioni faunistiche e spessori diversi. Infatti nelle zone di *seamounts* si depositano in poche decine di metri di spessore i Calcari nodulari, che definiscono una *successione condensata*, ai quali corrispondono, nelle zone di bacino, i termini della Corniola dei Calcari e Marne del Sentino e dei Calcari diasprini che costituiscono la *successione completa* con spessore valutabile in 500-600 metri.

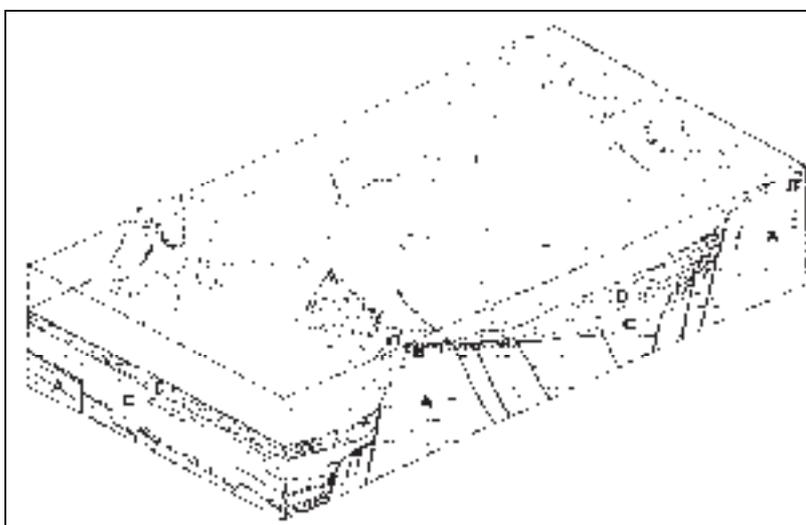


Figura 4: Rappresentazione schematica della paleogeografia dell'area durante il Lias-Dogger. A) Calcare massiccio, B) Calcari nodulari, C) Corniola e Calcari e marne del Sentino, D) Calcari diasprini

Quando un aumento della velocità di subsidenza interessa una zona di *seamount*, approfondendola fino a livellarla con le zone di bacino, la tipologia di sedimentazione cambia dando come risultato una situazione intermedia con la sovrapposizione dei

termini della successione completa su una parte della successione condensata da cui la definizione di *successione composta*.

Nel Titoniano (Fig.5), con l'inizio della deposizione della Maiolica, le differenze tra zone rialzate e zone di bacino tendono pian piano ad attenuarsi finché, prima della fine della deposizione della Maiolica stessa, il fondo marino si livella e la sedimentazione ritorna omogenea su tutto il bacino, continuando con i litotipi delle Marne a fucoidi, della Scaglia bianca, della Scaglia rossa e della Scaglia variegata-cinerea.

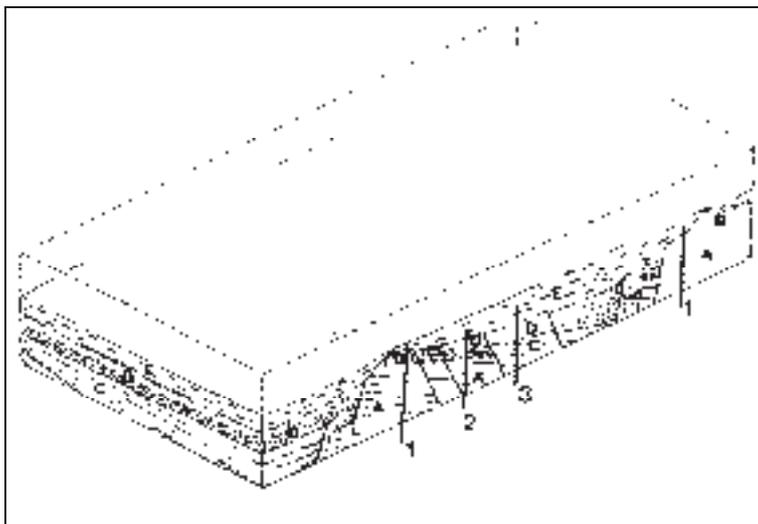


Figura 5: Rappresentazione schematica della paleogeografia dell'area durante il Tortoniano. **A**) Calcarea massiccio, **B**) Calcari nodulari, **C**) Corniola e Calcari e marne del Sentino, **D**) Calcari diasprini, **E**) Maiolica. **1**) *successione condensata*, **2**) *successione composta*, **3**) *successione completa*

L'aspetto strutturale generale è quello tipico della catena appenninica umbro-marchigiana, caratterizzato da un sistema a pieghe parallele, faglie inverse e sovrascorrimenti neogenici a vergenza orientale, generato in regime di tettonica compressiva. Infatti tutti i terreni affioranti fanno parte

dell'unità di tetto del sovrascorrimento regionale dei Monti Sibillini, non visibile nel territorio in esame ma più ad est, ai piedi del M. Vettore.

Faglie normali plio-quadernarie, generate in regime di tettonica distensiva, dislocano le precedenti strutture compressive dando origine, in particolare, ai bacini intramontani tra i quali quello di Castelluccio ne rappresenta un esempio notevole.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche che caratterizzano il territorio comunale.

3.1 GRUPPO GIURASSICO

Le formazioni appartenenti a questo gruppo mostrano sequenze verticali differenti, in relazione ai diversi subambienti descritti nel paragrafo precedente, visibili in affioramenti variamente ubicati nel territorio. Al di sopra del Calcarea massiccio, che rappresenta una base più o meno omogenea comune, si possono localmente distinguere due tipi di successione: la successione composta e la successione completa. La prima presenta una sequenza verticale del tipo Calcarea massiccio - Calcari nodulari - Calcari diasprini, la seconda Calcarea massiccio - Corniola - Calcari e Marne del Sentino - Calcari diasprini.

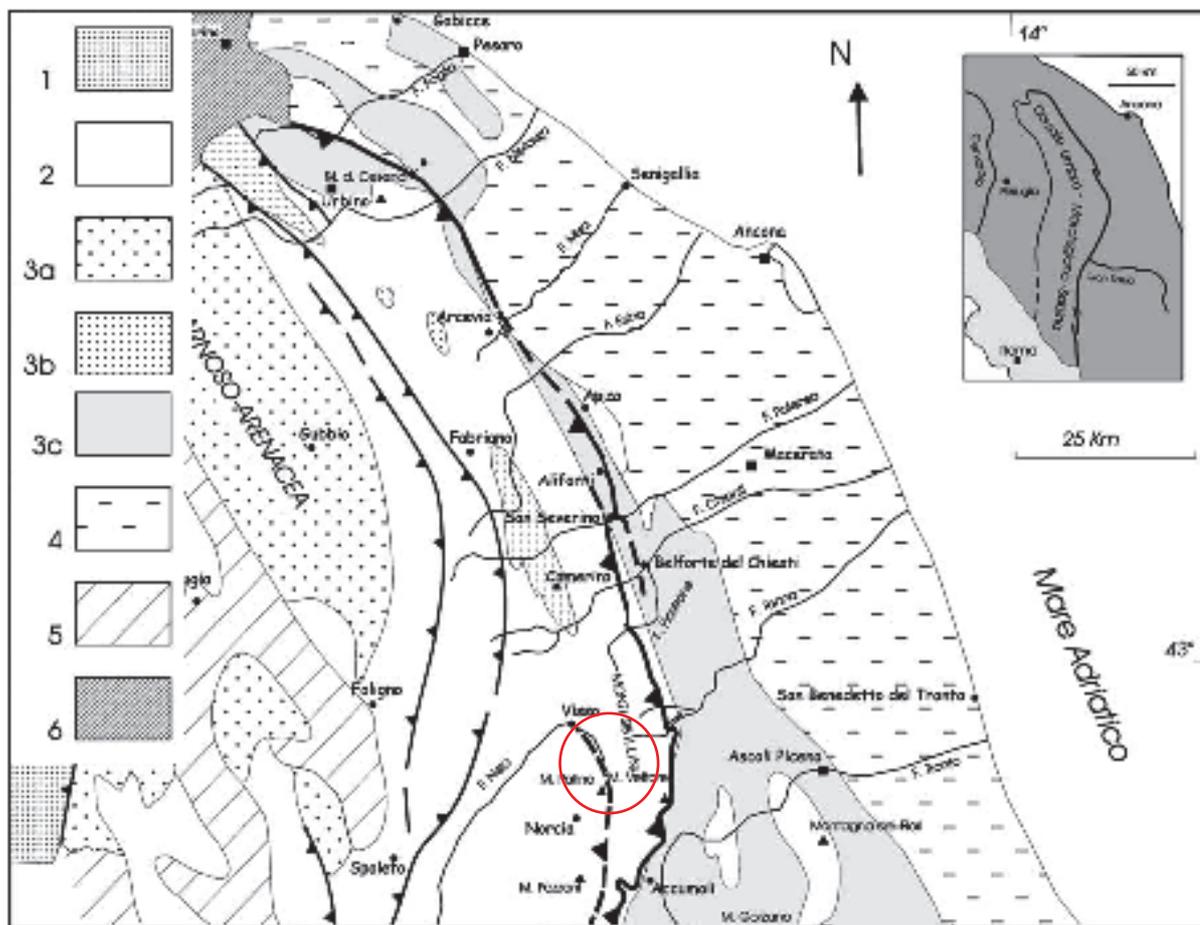


Figura 6: Schema geologico dell'area Marchigiana (da DEIANA et alii, 2002 - modificato). 1) Unità del Monte Falterona-Trasimeno. 2) Successione bacinale calcarea, calcareo-marnosa e marnosa o successione di piattaforma carbonatica/scarpata (Trias superiore-Miocene p.p.); 3) Depositi torbiditici silicoclastici miocenici del Preappennino (3a: Burdigaliano p.p.- Tortoniano p.p.), intrappenninici (3b: Serravalliano p.p.-Messiniano p.p.) e del Pedepennino (3c: Messiniano); 4) Successione plio-pleistocenica periadriatica; 5) Depositi plio-quadernari marini o continentali post-orogenici e vulcaniti della provincia laziale; 6) Colata della Val Marecchia.

Il sovrascorrimento del fronte montuoso umbro-marchigiano è rappresentato con triangoli e linea con tratto spesso, mentre triangoli e linee con tratto sottile rappresentano sovrascorrimenti minori. Il cerchio rosso indica l'area in studio.

3.1.1 Calcare massiccio (Hettangiano-Carixiano)

Si tratta di sedimenti a composizione carbonatica caratterizzati dall'assenza della componente argillosa, clastica e selciferi, con una colorazione che varia dal bianco all'avana. La fratturazione è a superfici irregolari. La stratificazione, evidente nella parte alta della formazione, non è ben distinguibile nella parte bassa per la fratturazione dei litotipi legata agli stress tettonici. La costituzione dello scheletro dei calcari presenta variazioni tra l'aspetto travertinoide e quello micritico; il primo risulta

prevalente nella porzione media e bassa della formazione dove è possibile riconoscere gusci fossili di Gasteropodi, Brachiopodi, Lamellibranchi, strutture algali e rare Ammoniti; il secondo distingue la porzione alta della formazione dove è più difficile il riconoscimento e/o il reperimento di fossili che risultano ridotti in frammenti minuti e costituiscono il nucleo dei granuli rivestiti (oncoliti) caratterizzanti un ambiente ad alta energia ed in continua e diretta comunicazione con il mare aperto. Lo spessore della formazione non è determinabile poiché non ne affiora la base.

SUCCESSIONE COMPOSTA

È costituita dai termini incompleti della successione condensata (Calcari nodulari) a cui si sovrappongono termini della successione completa, rappresentati nel caso specifico dai Calcari diasprini.

3.1.2 Calcari nodulari (Carixiano-Titoniano inferiore)

In continuità di sedimentazione con il Calcare massiccio rappresentano, in un sequenza di poche decine di metri, i depositi della Corniola dei Calcari e Marne del Sentino e della porzione basale dei Calcari diasprini. Questa successione comprende 4 membri, talora ben distinguibili sul terreno, che non possono essere cartografati singolarmente data l'esiguità del loro spessore. Dal basso verso l'alto si riscontrano: a) *Calcari stratificati grigi*, b) *Calcari nodulari con marne verdi*, c) *Calcari nodulari nocciola*, d) *Calcari nodulari ad aptici*. La sequenza è costituita essenzialmente da calcari e calcari marnosi nodulari con intercalazioni marnose verdastre nella parte media. Frequenti sono i noduli piritici spesso limonitizzati. La stratificazione è piuttosto irregolare con superfici ondulate spesso di tipo stilolitico; talora gli strati sono saldati tra loro fino a formare banchi. Il contenuto organogeno è assai ricco, rappresentato da spicole di Spugne, Radiolari, Ostracodi, resti filamentosi, piccoli Gasteropodi ed Ammoniti. Lo spessore di questa formazione è compreso tra 40 e 50 metri.

3.1.3 Calcari diasprini - successione composta (Bajociano inf.-Titonico inferiore)

Lo spessore di questa formazione, nelle zone in cui si sovrappone ai Calcari nodulari, è mediamente intorno ai 50 metri. Si tratta generalmente di calcari silicizzati granulari grigio verdastri con intercalazioni di selce verde in liste e noduli. Sono presenti e ben riconoscibili le facies detritiche, talora grossolane, rappresentate da calcari prevalentemente bioclastici. I fossili sono rappresentati da resti filamentosi e Radiolari.

SUCCESSIONE COMPLETA

3.1.4 Corniola (Sinemuriano P.P.-Toarciano inf.)

Prevalentemente calcarea, con componente clastica fine e selcifera subordinata, è costituita da calcari micritici biancastri e beige passanti verso l'alto a calcari marnosi grigi e grigio scuri, con liste e noduli di selce bruna o nerastra ed intercalazioni centimetriche di argille grigio verdastre. Il carattere marnoso si accentua in prossimità del passaggio con i sovrastanti Calcari e marne del Sentino. Il contenuto fossilifero è rappresentato da Ammoniti, anche in esemplari di discrete dimensioni, talvolta limonitizzati, da Radiolari, spicole di Spugne e da Ostracodi. La stratificazione è piuttosto netta e gli strati, di spessore variabile, non superano in genere i 40-50 cm. Lo spessore della formazione varia tra 150 e 200 metri.

3.1.5 Marne di Monte Serrone (Pliensbachiano P.P.-Toarciano P.P.)

Questa formazione è costituita in gran parte da sedimenti detritici, provenienti dai vicini seamounts. In particolare si tratta di alternanze di calcareniti grigiastre, di calcari e calcari marnosi grigio-verdastri con selce in liste e noduli, di marne, marne calcaree e marne argillose grigio-verdastre e rossastre. Si riconoscono diversi rapporti tra i litotipi anzi descritti per cui nella porzione basale predominano calcareniti e calcari marnosi, in strati spessi, nella mediana la componente marnoso-argillosa ed in quella superiore le facies detritiche in strati sottili. Il

contenuto in fossili è costituito, nella porzione non detritica, da rare Ammoniti, Radiolari, spicole di Spugne, Ostracodi ed Echinodermi; nella porzione detritica i fossili sono allo stato bioclastico o contenuti in clasti e si possono osservare Alghe calcaree, Lamellibranchi, Gasteropodi ed Echinodermi in cattivo stato di conservazione. Lo spessore della formazione è valutabile in circa 80 metri.

3.1.6 Calcari diasprini - successione completa (Calloviano-Titonico inferiore)

Questa formazione comprende, nella porzione inferiore, i litotipi dei Calcari a Posidonia. Sono rappresentati da calcari, calcari selciferi con selce in liste e noduli. La colorazione d'insieme è verdastra con toni policromi nelle litofacies più silicee. L'aspetto granulare dei calcari selciferi è dovuto all'alto contenuto in silice diffusa. Alla base ed al tetto della formazione prevalgono i litotipi calcarei mentre nella porzione intermedia aumenta la componente silicea e marnosa. All'interno della formazione sono intercalate facies detritiche, talora grossolane, marcatamente lenticolari, i cui clasti derivano dal disfacimento dei vicini alti strutturali. Dove queste facies detritiche sono particolarmente abbondanti la formazione subisce un notevole aumento di spessore. La stratificazione, netta e sottile nelle facies calcaree, diventa irregolare con rigonfiamenti e repentine terminazioni laterali in quelle silicee. Lo spessore degli strati, in media tra 5 e 10 cm, non supera di regola i 25 cm tranne che per le facies detritiche. Lo spessore della formazione, stimato in genere in 150 metri, raggiunge talvolta i 250 metri in relazione alla presenza delle sopra menzionate facies detritiche.

3.2 GRUPPO CRETACICO-PALEOGENICO

Con l'inizio della deposizione dei litotipi appartenenti a questo gruppo i fenomeni di subsidenza differenziata subiscono un arresto e le differenze batimetriche, all'interno del bacino, pian piano si attenuano attraverso il colmamento delle depressioni che avviene in corrispondenza della deposizione della porzione medio-alta della Maiolica. A questo punto si osserva un livellamento della morfologia

del fondo marino con una sedimentazione più o meno omogenea, in senso orizzontale, che interessa l'intera area umbro-marchigiana.

3.2.1 *Maiolica (Titonico superiore - Aptiano)*

Costituita da calcari micritici biancastri e da selce di colore beige in liste e noduli, è in continuità di sedimentazione al di sopra delle formazioni giurassiche. La stratificazione è generalmente piuttosto netta con spessore medio degli strati di 15-40 cm; dove la formazione ha subito gli effetti di stress tettonici la stratificazione risulta in parte o del tutto obliterata ed i calcari assumono una morfologia aspra per cui, dai vecchi Autori, veniva definita come Calcarea rupestre. Tutta la formazione è caratterizzata da un intenso clivaggio e talora da mesopieghe a cuspidate, probabili slumpings intraformazionali. Al passaggio con le sovrastanti Marne a Fucoidi la selce assume una colorazione nerastra; tra gli strati calcarei si trovano sottili intercalazioni di pelite scura e nei calcari compaiono delle caratteristiche e diffuse fiamme nerastre che in qualche caso danno una colorazione grigia ai sedimenti. Lo spessore della formazione varia tra i 250 ed i 350 metri.

3.2.2 *Marne a fucoidi (Aptiano P.P.-Albiano P.P.)*

Si possono distinguere due diversi membri: il primo, quello inferiore, è costituito da marne e marne argillose di colorazione rossastra passante verso l'alto a toni verdastri con fiamme policrome a stratificazione piuttosto netta ed in strati sottili; il secondo, superiore, è formato da marne calcaree e calcari marnosi in strati di 10-25cm, separati da sottili livelli di marne argillose policrome. Il contenuto marnoso va decrescendo verso l'alto in concomitanza con l'apparizione di selce policroma in liste e noduli. Lo spessore della formazione, variabile da luogo a luogo, non supera i 150 metri.

3.2.3 *Scaglia bianca (Albiano sup. P.P.-Turoniano inf. P.P.)*

L'unità in esame, il cui spessore è compreso tra 30 e 40 metri, è costituita da calcari biancastri a frattura scagliosa, in strati di 15-35 cm di spessore, con selce

nera di aspetto zonato, in liste e talora in noduli. Caratteristico, e d'importanza regionale, è un livello costituito da argille bituminose nerastre con liste di selce e noduli di pirite, dello spessore variabile da pochi centimetri a 1,5 m, conosciuto come "Livello Ittiolitico" o "Livello Bonarelli". Questo è sempre localizzato nella parte alta della Scaglia bianca da 1 a 5 m prima del passaggio con la sovrastante Scaglia rossa evidenziato anche da due livelli di selce verdastra. Talvolta tale livello non è reperibile poiché gli stress tettonici, a causa della sua scarsa competenza, ne hanno provocato la laminazione con la conseguente scomparsa.

3.2.4 Scaglia rossa (Turoniano inferiore-Eocene medio P.P.)

Caratterizzata dalla scomparsa della selce nera è costituita nella parte bassa da calcari e calcari marnosi rosati con selce rossa in liste e noduli; nella parte intermedia da marne e marne calcaree, a frattura concoide o scagliosa, di colore rosato o rosso mattone; nella parte alta da calcari e calcari marnosi rosati con selce rossa in liste e noduli. All'interno della formazione ed a varie altezze sono reperibili tipiche intercalazioni calcarenitiche che, data la loro maggiore resistenza all'erosione, danno origine a scarpate piuttosto nette. Mesopieghie, generalmente a cuspidate, ed un'intensa fratturazione caratterizzano l'intera formazione. Essa risulta facilmente degradabile sotto l'azione di agenti esogeni (crioclastismo in particolare) che genera minute scagliette le quali formano estese coperture detritiche lungo i versanti raggiungendo, talvolta, spessori notevoli. Lo spessore degli strati è variabile da 15 a 70 cm, quello dell'intera formazione tra 250-350 metri.

3.2.5 Scaglia variegata-Scaglia cinerea (Eocene medio-Aquitano)

Con queste formazioni si chiude la sedimentazione del gruppo cretatico-paleogenico; sono state raggruppate sia perché litologicamente affini sia perché la Scaglia variegata presenta spessori modesti (~20 metri). Sono costituite da alternanze di marne calcaree, marne, marne argillose e, subordinatamente, di calcari marnosi micritici. Sono presenti numerose calcareniti bioclastiche a

nummuliti, in strati che sovente superano lo spessore di 1 metro. Nella parte inferiore delle formazioni prevalgono le litofacies più calcaree in strati sottili o medi, con una colorazione rossastra passante a verdastra (Scaglia variegata, Scaglia cinerea parte bassa), mentre in quella medio-superiore, di colore grigio-verdastro, si osserva un aumento del contenuto marnoso-argilloso. Queste formazioni sono interessate da un diffuso clivaggio che spesso ne oblitera la stratificazione. Lo spessore, non determinabile nell'area poiché non ne affiora il tetto, si può indicare variabile da 100 a 250 metri.

3.3 QUATERNARIO

I litotipi sopra descritti, che costituiscono il substrato, sono in parte ricoperti da una coltre detritica quaternaria, il cui spessore varia in relazione alla morfologia, formata prevalentemente da *detriti di falda*, *depositi di conoide*, *depositi colluviali*, *depositi alluvionali* ed in subordine da *depositi di frana*, sia antichi che recenti, depositi fluvio-glaciali.

3.3.1 Detriti di falda

Le principali rocce di origine sono quelle della Scaglia rossa e della Maiolica. Sono rappresentati da clasti calcarei, calcareo-marnosi e silicei, appiattiti, a spigoli vivi, di varie forme e dimensioni che dipendono dal tipo litologico e dai piani di discontinuità della roccia madre; generalmente sono di piccole dimensioni, a granulometria compresa tra il ciottolo medio-fine e quello medio ed immersi in matrice sabbiosa e/o limosa. L'origine è data da processi di alterazione e frammentazione meccanica della roccia (principalmente gelifrazione o crioclastismo) su pendii in genere privi di vegetazione. Il trasporto e l'accumulo dei clasti lungo i versanti si deve a fenomeni di ruscellamento alternato o combinato con fenomeni di scivolamento su suolo gelato e di soliflusso in condizioni generali di clima freddo. La disposizione dei clasti è in strati, alternativamente poveri e ricchi di matrice, con pendenza variabile tra 15° e 30° secondo l'inclinazione del pendio; a luoghi tali

detriti si presentano cementati. Questi depositi si rinvencono a diverse quote lungo i versanti dove, sovente, costituiscono estese coltri che, con spessori talora elevati, regolarizzano morfologie accidentate preesistenti, livellando asperità e colmando vallecicole; al piede dei versanti, nei fondo valle, i detriti suddetti si raccordano gradualmente, quando presenti, con i depositi alluvionali con i quali si interdigitano.

3.3.2 Depositi di conoide

Diffusamente presenti nei fondovalle principali, allo sbocco dei fossi più incisi ed acclivi, dove si riconoscono per la loro tipica forma convessa ed a ventaglio. Questa è dovuta ai frequenti spostamenti in senso radiale dell'alveo che distribuisce i detriti, attraverso varie colate (debris-flow), secondo i raggi di un ventaglio. Tra questi si differenziano quelli generati prevalentemente da fenomeni di valanga a cui corrispondono le vallecicole fortemente incise (canaloni di valanga) presenti nelle aree montane più elevate. Il detrito è formato da materiale prevalentemente calcareo, granulometricamente eterogeneo (dal ciottolo al blocco), anche se spesso predomina la frazione grossolana. Rappresentano, in generale, il frutto della rielaborazione e della redistribuzione verso valle dei materiali che costituivano gli antichi depositi di frana, i potenti accumuli di detriti di falda, ed il riempimento di vallecicole. Altra fonte di rifornimento è data dai materiali di neoformazione generati da fenomeni di crollo o di gelifrazione.

3.3.3 Depositi eluvio-colluviali

Caratterizzano principalmente aree a litologia marnosa ed argillosa, quindi costituite da terreni poco tenaci e facilmente disgregabili dall'alterazione meccanica delle piogge, chimica delle acque di percolazione, dall'azione biologica (apparati radicali delle piante, ecc.) e dall'umidità e temperatura. Essi sono formati prevalentemente da sabbie e sabbie limose in matrice limosa e argillosa e da argille limose. Questi materiali si accumulano sul luogo di origine (eluvium) o trasportati da acque superficiali o fenomeni gravitativi (soliflusso e reptazione in genere) si

depositano lungo i versanti ed alla loro base e nei fondovalle (colluvium).

La loro formazione e messa in posto, tuttora attiva, ha subito in tempi storici, ed in particolare negli ultimi decenni, una brusca accelerazione in conseguenza di attività antropiche che hanno favorito lo sviluppo di grosse quantità di detrito attraverso opere di disboscamento, arature ecc. che spesso hanno consentito l'erosione del suolo fino alla porzione regolitica ed al substrato.

3.3.4 Depositi alluvionali

Riempiono il fondovalle del Fiume Nera e del Fosso di Rapegna, dove sono composti essenzialmente da clasti a prevalente litologia calcarea, da parzialmente a mediamente arrotondati, a granulometria variabile dal blocco al ciottolo ed immersi in matrice sabbiosa. Talora piccoli lembi di questi depositi si rinvencono lungo i versanti ad un'altezza di qualche decina di metri dal talweg.

3.3.5 Depositi fluvio-glaciali

Costituiscono il riempimento della valle che scende dal Passo Cattivo e della Vallinfante, dove raggiungono, nella porzione mediana, spessori stimabili nell'ordine di alcune decine di metri. Sono formati prevalentemente da commistioni di ghiaie, sabbie e limi, in varie proporzioni, in matrice limosa e argillosa. La genesi è dovuta all'azione crioclastica del ghiaccio e la messa in posto a movimenti di massa, in ambiente glaciale e periglaciale, ad opera dei ghiacci e della neve a cui si integra l'azione delle acque correnti superficiali e della gravità.

3.3.6 Depositi di frana

Sia antichi (paleofrane) che recenti, coprono vaste porzioni del territorio comunale e sono costituiti per lo più da elementi lapidei granulometricamente eterogenei che in qualche caso si presentano cementati; talora, quando è interessato il substrato, all'interno del corpo di frana si possono rinvenire compagini rocciose integre.

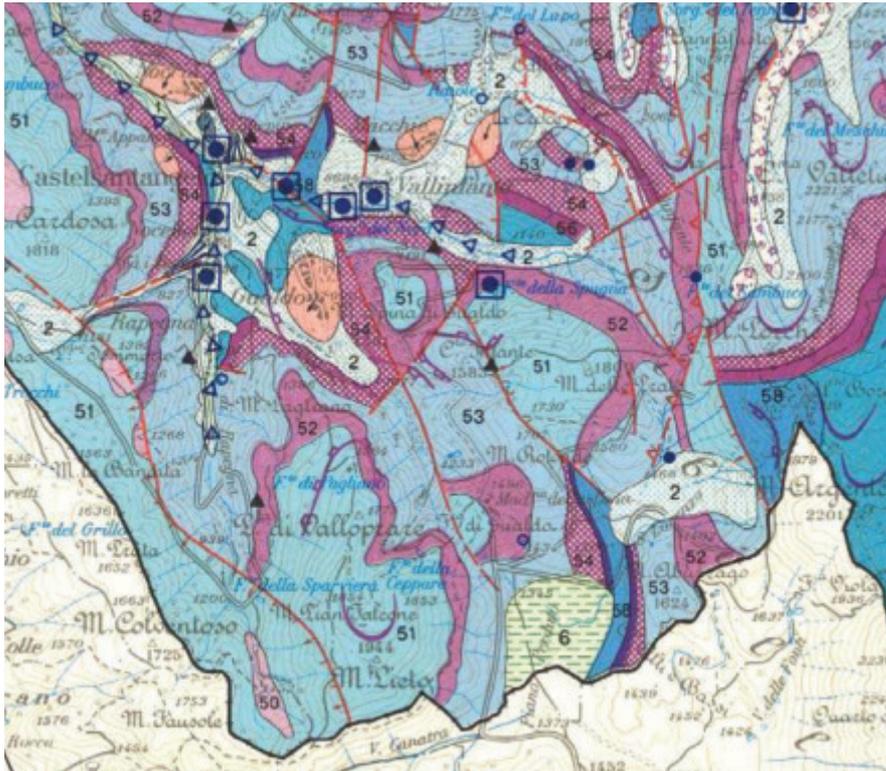


Figura 7: Stralcio, non in scala, della carta geologica della Regione Marche (1:100.000) comprendente il Territorio comunale di Castelsantangelo sul Nera.



3.4 GEOMORFOLOGIA

Il paesaggio e le forme che oggi possiamo osservare sono il frutto di modificazioni succedutesi prevalentemente nell'ultimo milione di anni e dovute all'interazione tra sollevamento tettonico e variazioni climatiche. L'evoluzione geomorfologica dell'area inizia a partire dal Miocene superiore dove, per effetto della tettonica compressiva, si hanno le prime emersioni con la formazione di dorsali allungate e separate da mari poco profondi nei quali si depositavano sedimenti terrigeni ed evaporitici. Di questo paesaggio attualmente non rimane nulla in quanto modificato da importanti eventi successivi.

La tettonica compressiva si protrae fino al Pliocene inferiore-medio con la definitiva emersione dell'area e la formazione di rilievi. Questi venivano progressivamente spianati da processi di erosione areale i quali provvedevano a livellare gli effetti delle deformazioni tettoniche dando così luogo ad un paesaggio caratterizzato da una superficie a debole energia di rilievo (paleosuperficie). Di tale paesaggio è possibile osservarne attualmente le tracce, individuabili alla sommità dei rilievi di Monte delle Prata e di Monte Rotondo dove rappresentano l'elemento geomorfologico più antico.

Di seguito, e fino al Pleistocene

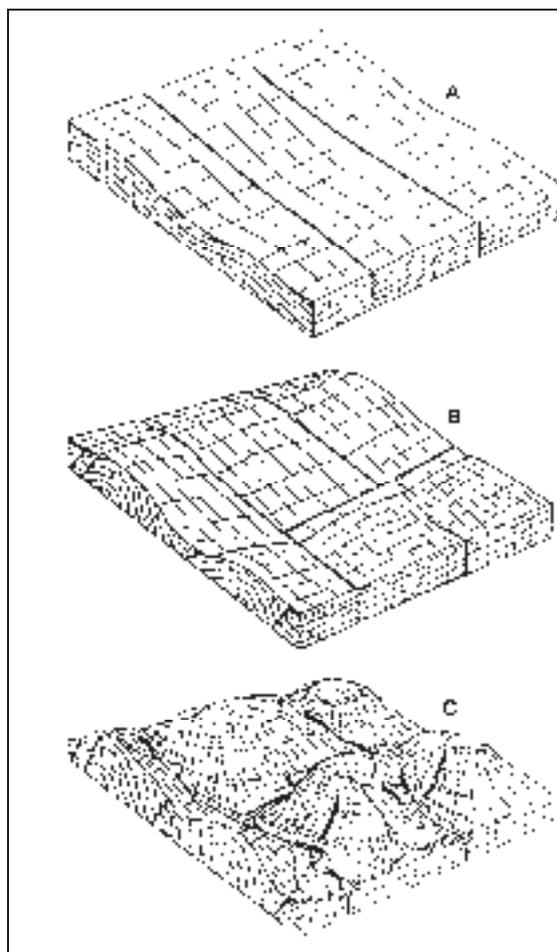


Figura 8 - Schema dell'evoluzione del rilievo: A) Pliocene inferiore, B) Pliocene medio-superiore, C) Quaternario

inferiore, il paesaggio si modifica gradualmente con una lenta dissezione della paleosuperficie e l'imposizione di un reticolo di drenaggio che da luogo ad estesi tratti ancora spianati e valli molto ampie. Di queste rimangono tracce in corrispondenza degli spartiacque e, per l'area in studio, un esempio molto interessante è dato dalla paleovalle di Forca di Gualdo.

A partire dal Pleistocene medio, a causa dell'intensificazione del sollevamento dell'Appennino, la paleosuperficie veniva ulteriormente e variamente dislocata da una tettonica distensiva, tuttora attiva, e profondamente dissecata in seguito a processi di erosione lineare (acque correnti superficiali), glaciale e glacionivale, particolarmente attivi durante il Pleistocene medio-fine ed il Pleistocene superiore dando luogo alla formazione di valli strette ed approfondite con tipico profilo a V che tende ad allargarsi verso l'alto, per quelle prettamente fluviali, e profilo ad U per quelle generate dai ghiacciai. In questo contesto agisce anche la gravità che, in relazione all'elevata energia del rilievo, dà origine ad estesi fenomeni franosi.

L'evoluzione geomorfologica, tendente sempre al ripristino dell'equilibrio naturale dei luoghi, continua tutt'oggi con in più l'opera dell'uomo che ha agito e continua ad agire in maniera sempre più incisiva sull'ambiente recando talvolta pericolosi squilibri con pregiudizio della naturale stabilità. Ciò sottopone l'uomo stesso a rischi, evitabili con studi appropriati che, tesi innanzi tutto alla compatibilità ambientale delle varie opere ed alla verifica della stabilità dei luoghi, individuino le modalità e le caratteristiche di intervento nel pieno rispetto dell'equilibrio naturale.

Di seguito vengono brevemente descritte le caratteristiche salienti di ogni nucleo abitato investigato.

3.4.1 Capoluogo

Posto alla confluenza tra il corso del Fiume Nera e quello del Fosso di Rapegna è contraddistinto da un fondovalle alluvionale pianeggiante, di limitata ampiezza, che si raccorda bruscamente con i versanti calcarei posti in sinistra

fluviale, i quali presentano alti angoli di pendenza, mentre in destra il raccordo è graduale, attraverso un prisma di detriti di versante, e le pendenze sono nettamente inferiori alle precedenti. Entrambi i corsi d'acqua sono a deflusso perenne mentre tutti gli altri presenti nel territorio comunale hanno regime stagionale o entrano in funzione in concomitanza di eventi meteorici eccezionali dando luogo talora a gravi fenomeni di alluvionamento. A tal proposito è da segnalare quanto avvenuto nel 1906 allorquando un forte nubifragio ha provocato, nel territorio comunale, la riattivazione di alcune conoidi alluvionali, tra cui quella del Fosso di Sant'Angelo la quale, sottesa dall'abitato di Castelsantangelo, ha provocato la distruzione di numerosi manufatti nell'abitato e la perdita di vite umane. Ad oggi nel rione di San Rocco si può osservare come alcune abitazioni risultino attualmente con quello che era originariamente il pian terreno posto interamente al di sotto del piano campagna.

Relativamente ai dissesti provocati dalla recente crisi sismica si rileva, nel tratto di versante compreso tra San Rocco e l'opera di captazione della Società Acquedotto del Nera, il distacco di alcuni massi dagli affioramenti rocciosi dei quali alcuni sono stati tratti dalla vegetazione arborea e arbustiva mentre altri, quelli dalle maggiori dimensioni, sono precipitati fino al fondovalle raggiungendo i due lati della carreggiata che attraversa via Parco della Rimembranza.

3.4.2 Rapegna

L'abitato è posto lungo la stretta valle dell'omonimo Fosso, primo affluente di sinistra del F. Nera, caratterizzato da un andamento debolmente meandriforme, condizionato quasi esclusivamente dall'assetto tettonico dell'area. Il corso d'acqua, in relazione alla presenza di abitazioni poste necessariamente a ridosso o in prossimità delle sponde, a causa della scarsa ampiezza della valle, è stato regimato per lunghi tratti mediante scatolari di calcestruzzo. Lungo i tratti in cui il Fosso scorre liberamente sono evidenti i segni di erosione laterale di sponda, che hanno

causato crolli di limitata entità delle scarpate. Lo stretto fondovalle si raccorda, sia in sinistra che in destra, con i versanti calcarei, caratterizzati da elevate pendenze, attraverso una fascia più o meno ampia di detriti di versante, a luoghi ben cementati.

L'intervento antropico, oltre alle opere di regimazione fluviale, è limitato alla realizzazione di piccoli terrazzi per usi agricoli, posti al piede delle coltri detritiche che raccordano i versanti calcarei con il fondovalle, nonché alla costruzione delle relative opere di sostegno realizzate con muri a secco. Muri a secco e muri in calcestruzzo bordano altresì l'asse viario principale. Dette opere, sia per le tecniche costruttive che per i materiali impiegati, assumono una elevata vulnerabilità sismica.

La copertura detritica si presenta, quasi ovunque, stabile e non sono stati notati segni di dissesti in atto o in preparazione. L'unico accumulo detritico di dimensioni significative, e degno di nota, è quello posto alle spalle della Chiesa di S. Lucia, che è comunque contenuto da un alto muro di cemento armato.

In alcuni casi, all'altezza dei muretti a secco ed in zone fortemente ceduate o deforestate, sono state riscontrate delle aree soggette ad erosione superficiale diffusa. I fenomeni di ruscellamento concentrato sono rari e limitati ad alcune zone con presenza di incisioni ben marcate, soprattutto lungo i tratti più acclivi del versante sinistro in prossimità della frazione di Nocelleto.

Gli interventi di sistemazione idraulica sono attualmente inefficaci per i danni sismici subiti e si reputa necessario intervenire con la realizzazione di opere di contenimento e ripristino, privilegiando quelle che utilizzano tecniche di ingegneria naturalistica che, tra quelle possibili, garantiscono a parità di efficacia il livello maggiore di compatibilità ambientale.

3.4.3 Nocelleto

Posto poco a valle dell'abitato di Rapegna, condivide le stesse caratteristiche geomorfologiche con in più la problematica generata dalla presenza del fosso di

Varogna che da luogo all'esistenza di un conoide detritico. Questo, insieme ad altri scaricatori, è stato oggetto, in conseguenza del nubifragio del 1906, di una disastrosa riattivazione con un debris-flow che ha mobilizzato gran parte degli ingenti quantitativi di materiale clastico presenti all'interno della valle fino a provocare l'innalzamento di almeno 2 metri, e per un tratto consistente, del fondo della valle di Rapegna (qui si possono osservare alcuni edifici con il livello di architravi di porte e finestre dell'originario piano terra, posto poco al di sopra dell'attuale piano campagna).

Attualmente nella Valle di Varogna la continua azione del crioclastismo e del ruscellamento, legata alla denudazione dei versanti, ha prodotto nuove ed importanti quantità di detriti con il riproporsi del sovralluvionamento della valle ed il conseguente riempimento delle briglie che, create per la regimazione idraulica a seguito degli eventi sopra citati, vedono così vanificata la loro funzionalità. Tale situazione, sempre in relazione a fenomeni meteorici eccezionali, può dare luogo a nuove colate di detrito con grave pericolo per persone e cose.

Queste zone, per la loro particolarità e pericolosità, meritano un attento e continuo controllo con il ripristino, dove possibile lungo i versanti, della copertura vegetale che limiti la produzione di detriti. Relativamente alle briglie, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, andrebbero periodicamente controllate, riparate laddove danneggiate ed opportunamente scaricate dai detriti. Queste operazioni, se correttamente e periodicamente eseguite, possono ridurre di molto il grado di pericolosità dei luoghi.

3.4.4 Gualdo

L'aspetto morfologico principale è rappresentato dall'accumulo di un vasto movimento franoso che ha interessato una porzione del versante occidentale del Monte Spina di Gualdo. Questo, avvenuto in tempi remoti (paleofrana), non ha mostrato fenomeni di riattivazione recenti, come testimoniato dall'assenza di lesioni,

provocate da tali movimenti, nei numerosi edifici che costituiscono il centro abitato e che risalgono, talora, ad alcune centinaia d'anni.

Da un'attenta analisi geomorfologica dell'area emerge una sostanziale stabilità dell'area investigata.

La maggior parte delle forme osservabili e che caratterizzano l'area sono il prodotto del lungo presidio antropico e, tra le più importanti, risultano quelle create in maggior misura negli ultimi periodi attraverso la pratica agricola, l'edilizia, o la realizzazione di strade.

Relativamente alle forme naturali, che tuttavia presentano caratteristiche di senescenza e inattività, si evidenziano alcune di quelle che caratterizzano gli accumuli di frana e cioè resti della corona ed alternanze di piccoli ripiani e scarpate.

3.4.5 Vallinfante - Macchie

Gli abitati insistono alla base del versante calcareo di monte Cornaccione, nella fascia di raccordo con i depositi fluvioglaciali di fondovalle. L'aspetto attuale del paesaggio è per gran parte la conseguenza di una forte produzione di detriti, avvenuta nei rilievi calcarei durante le fasi fredde del Pleistocene, che ha indotto, per l'azione di trasporto dei ghiacci, delle acque correnti superficiali e di fenomeni di scivolamento sulla neve, la sedimentazione nei fondi vallivi. La produzione di questi detriti continua ancora oggi nelle aree di testa della valle e nella parte alta dei versanti calcarei dove non si riscontra la presenza di copertura vegetale.

Nel resto del fondovalle, a partire da poco a monte dell'abitato di Macchie fino alle quote più basse, non si riscontra attualmente, né è stata riscontrata in epoca storica, l'attività di fenomeni di trasporto di materiale, in particolare di colate di detrito, che possano provocare situazioni di pericolosità geologica.

Le forme più comuni presenti nell'area in studio consistono in piccole scarpate d'erosione fluviale, fossi di erosione concentrata, aree dilavate dal ruscellamento diffuso, coni di deiezione, falde detritiche, ecc.

L'antropizzazione della valle ha prodotto continue e sostanziali trasformazioni che hanno modificato e modificano tuttora il naturale aspetto dei luoghi, mascherando spesso forme preesistenti, importanti da un punto di vista d'interpretazione delle caratteristiche di stabilità locali.

Tuttavia nella zona interessata da questi studi non è stata riscontrata attività di agenti e processi morfologici in genere, né, tanto meno, indizi di attività nel recente passato tali da far pensare ad un'evoluzione del paesaggio che possa causare pregiudizio all'attuale stabilità.

Riguardo alla conoide di deiezione presente immediatamente a monte dell'abitato di Vallinfante si nota la sua completa riforestazione e la presenza di opere di regimazione idraulica tendenti a mitigare eventuali fenomeni di debris-flow.

3.4.6 Nocria

L'aspetto morfologico principale locale è rappresentato dal vasto accumulo di una frana antica (paleofrana) che interessa la porzione basale del versante e che non ha mostrato fenomeni di riattivazione recenti. Questo è testimoniato dall'assenza di lesioni, tipiche di tali movimenti, nei numerosi edifici dei vari centri abitati che costituiscono la frazione di Nocria e che risalgono, talora, ad alcune centinaia d'anni. Sul corpo della paleofrana, che risulta estesamente ricoperto da detriti di falda, si nota la presenza di due conoidi detritici posti allo sbocco del Fosso delle Brecce e di Rio Falcone che hanno talvolta mostrato, in concomitanza ad eventi meteorici eccezionali, importanti riattivazioni dando luogo a gravi alluvionamenti (ultimo evento verificatosi, 27 luglio 1906).

La zona, fortemente antropizzata, è soggetta a continue trasformazioni che hanno modificato e modificano tuttora, con sbancamenti, riporti, ecc., il naturale aspetto dei luoghi, mascherando spesso forme preesistenti, importanti da un punto di vista d'interpretazione delle caratteristiche di stabilità locali.

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La sismicità che interessa attualmente l'Appennino centrale, e quindi anche la zona in oggetto, è prevalentemente legata a processi di estensione crostale che, con un movimento orientato NE-SW, si esplica mediante deformazioni lungo faglie disposte a direzione NW-SE. Il tasso di spostamento, misurato grazie ad una fitta rete Gps realizzata dall'INGV, è di qualche millimetro all'anno (1–3 mm), ma ad oggi non si conosce ancora quanta di questa deformazione viene rilasciata con spostamenti asismici e quanta con forti terremoti.

Nella seguente figura sono indicati i principali allineamenti di faglie attive ovest immergenti (fault systems regionali) causa degli eventi sismici in Appennino.

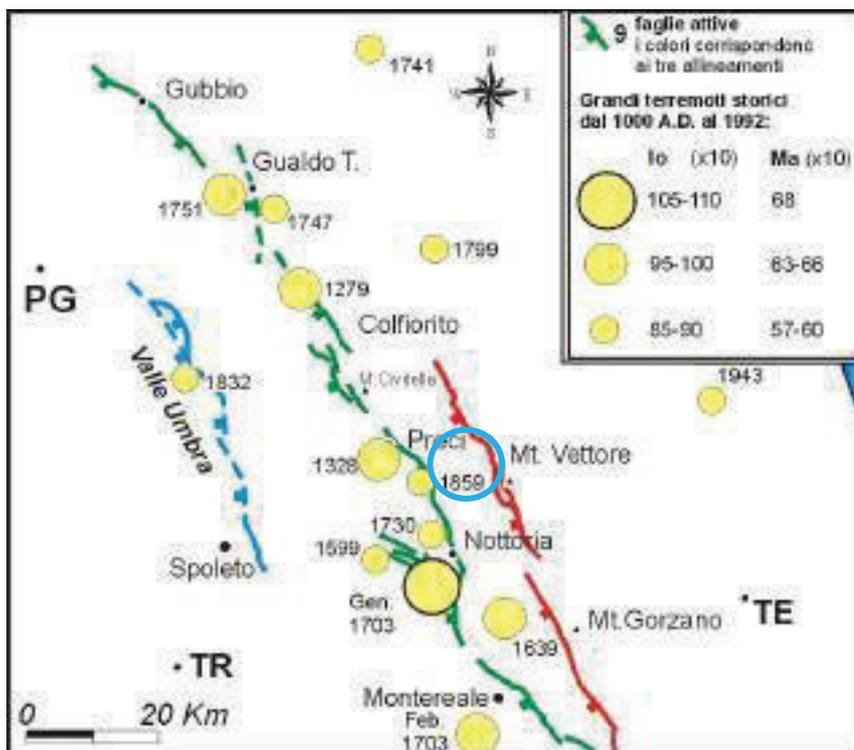


Figura 9: Mappa degli epicentri macrosismici dei principali terremoti storici dell'ultimo millennio (da catalogo C.P.T.I., 1999) rilevati nell'appennino umbro-marchigiano. Il cerchio celeste indica la zona in studio

I principali allineamenti di faglie attive ovest immergenti sono così individuati: 1) allineamento esterno "M.te Vettore-Gran Sasso" (rosso); 2) allineamento intermedio "Gubbio-Aremogna" (verde); 3) allineamento interno "Valle Umbra-Barrea" (blu)

Le conoscenze storiche locali collegate ad eventi sismici iniziano solo a partire dal 1730 mostrando informazioni assai scarse; tuttavia gli ultimi eventi sismici hanno confermato che il territorio comunale, oltre a risentire dei terremoti che negli ultimi secoli hanno avuto per lo più epicentro nell'Appennino centrale e centro meridionale, è sede di epicentri sismici di una certa importanza capaci di produrre fenomeni di fagliazione superficiale.

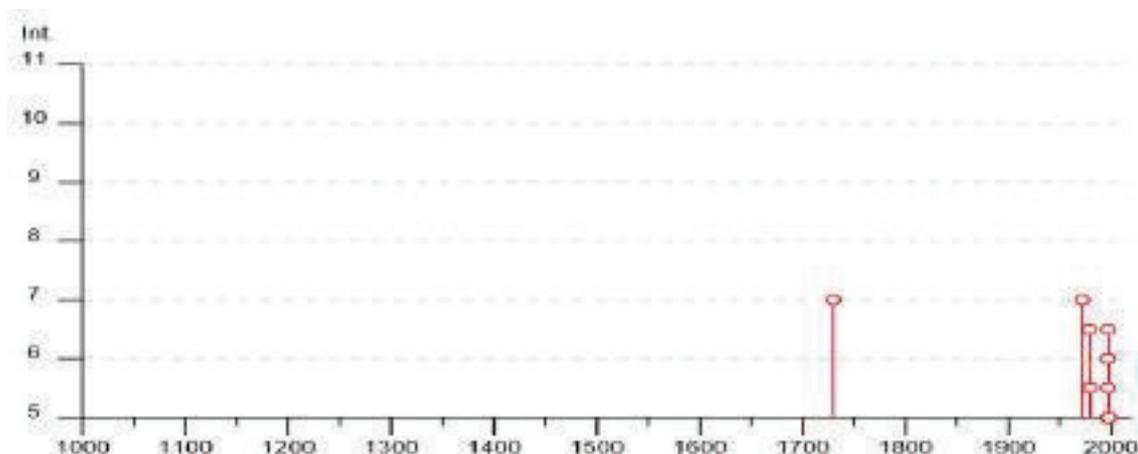


Figura 10: sequenza storica dei terremoti occorsi e risentiti nella zona di Castelsantangelo sul Nera aventi $I_s > 5$
 (fonte DBMI 2015)

Terremoti al di sopra della soglia di danno accaduti o risentiti nella zona di Castelsantangelo sul Nera (1730-2014)										
Numero totale degli eventi: 6										
Effetti	Terremoti									
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	Area epicentrale	nMDP	Io	Mw
7	1730	05	12	04	45		Valnerina (Norcia)	115	9	6.04
7	1972	11	26	16	03		Marche meridionali (Montefortino)	73	8	5.48
6-7	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.83
5-6	1980	02	28	21	04	40	Valnerina	146	6	4.97
6-7	1997	09	26	00	33	12	Appennino umbro-march.	869	7-8	5.66
5	1998	03	26	16	26	17	Appennino umbro-march.	409	6	5.26

Tabella 1: terremoti al di sopra della soglia di danno risentiti nella zona di Castelsantangelo sul Nera (da Locati M, Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>-modificato)

Is = intensità localmente risentita; nMDP = numero di osservazioni; Io = Intensità epicentrale; Mw = magnitudo momento

La figura e la tabella precedenti riassumono gli eventi più importanti che hanno colpito il territorio comunale con l'esclusione delle cosiddette "repliche", ovvero scosse registrate entro 90 giorni e ad una distanza di 30 km dall'epicentro di un evento individuato come principale all'interno di una sequenza.

Nell'ultimo secolo l'attività sismica nell'Appennino centrale è stata elevata interessando a più riprese il territorio comunale. In particolare gli eventi del 1997-98 hanno prodotto seri danneggiamenti alla maggior parte degli edifici più antichi ed alle infrastrutture (acquedotti e fognature in particolare) e rari fenomeni di crollo. La sequenza sismica attualmente in corso, che sta interessando un'area abbastanza vasta, compresa tra le provincie di L'Aquila, Rieti, Perugia, Ascoli Piceno e Macerata, ha provocato con gli eventi dei giorni 24 agosto 2016 (Mw massima di 6.01), 26 ottobre 2016 (Mw massima di 5.9) e 30 ottobre 2016 (Mw massima di 6.5), nel territorio comunale effetti di intensità **Is** valutabile superiore a 9.

Di seguito la lista dettagliata delle principali scosse registrate dal 24 agosto 2016 (quelle con magnitudo maggiore o uguale a 5,0 sono evidenziate in celeste).

Data	Ora locale (CEST/CET)	Magnitudo momento *	Profondità ipocentro *	Epicentro		
				Comune	• Latitudine •	• Longitudine •
24 agosto 2016	03:38:32	6,0	8 km	Accumoli	42,70 N	13,23 E
24 agosto 2016	03:37:26	4,5	9 km	Accumoli	42,71 N	13,25 E
24 agosto 2016	04:33:26	5,3	8 km	Nordia	42,79 N	13,15 E
24 agosto 2016	13:50:30	4,5	10 km	Nordia	42,82 N	13,16 E
28 agosto 2016	06:28:25	4,8	8 km	Amatrice	42,81 N	13,20 E
26 ottobre 2016	18:10:36	5,4	8 km	Castelsantangelo sul Nera	42,88 N	13,13 E
26 ottobre 2016	21:18:06	5,9	8 km	Ussita	42,91 N	13,13 E
28 ottobre 2016	23:42:01	4,5	10 km	Castelsantangelo sul Nera	42,88 N	13,12 E
30 ottobre 2016	07:40:17	6,5	8 km	Nordia	42,83 N	13,11 E
30 ottobre 2016	13:07:00	4,5	10 km	Preoli	42,84 N	13,08 E
1° novembre 2016	08:58:40	4,8	8 km	Accuscarina	42,88 N	13,13 E
3 novembre 2016	01:35:01	4,7	8 km	Pieve Torina	43,00 N	13,06 E
18 gennaio 2017	10:25:40	5,1	10 km	Montreale	42,88 N	13,28 E
18 gennaio 2017	11:14:00	5,5	10 km	Caplignano	42,53 N	13,28 E
18 gennaio 2017	11:15:33	4,7	8 km	Caplignano	42,53 N	13,28 E
18 gennaio 2017	11:16:38	4,6	8 km	Caplignano	42,54 N	13,27 E
18 gennaio 2017	11:25:23	5,4	9 km	Pizzoli	42,58 N	13,28 E
18 gennaio 2017	14:33:56	5,0	10 km	Cagnano Ammerno	42,47 N	13,28 E

Tabella 2 – Scosse principali registrate da agosto 2016 a gennaio 2017

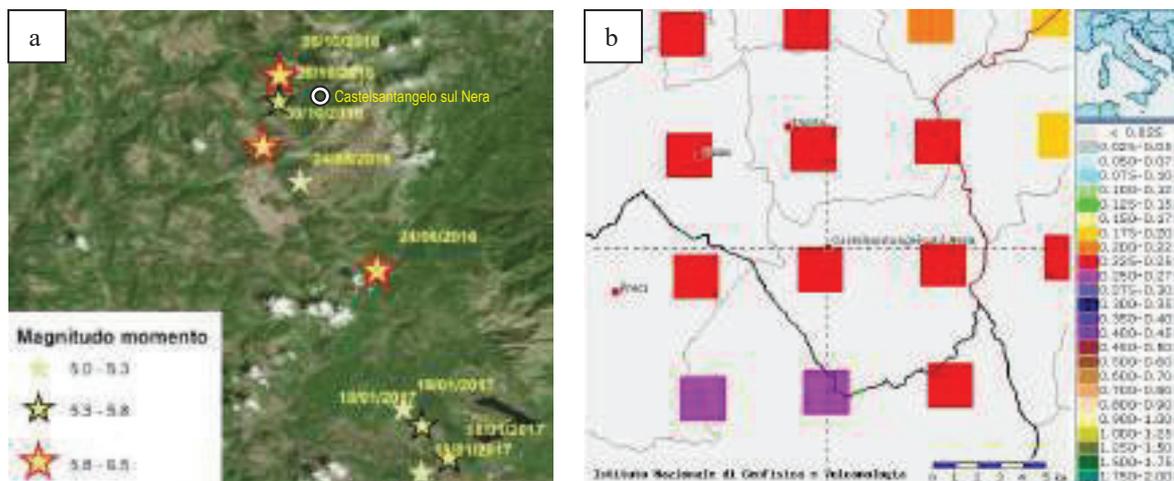


Figura 11: a) Localizzazione degli eventi della sequenza sismica dell'Italia Centrale del 2016-2017 caratterizzati da magnitudo momento superiore a 5; b) pericolosità di base del Comune di Castelsantangelo sul Nera in termini di probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s) (da Felicetta et al., 2017)

4.1 Classificazione sismica comunale e pericolosità sismica di base

Il comune di Castelsantangelo sul Nera è classificato sismico fin dal 1983 a seguito del DM 10 febbraio 1983 che, emanato ai sensi della legge sismica 64/74, lo includeva nella seconda categoria di sismicità (grado di sismicità $S=9$) su una base di 3 gradi istituiti

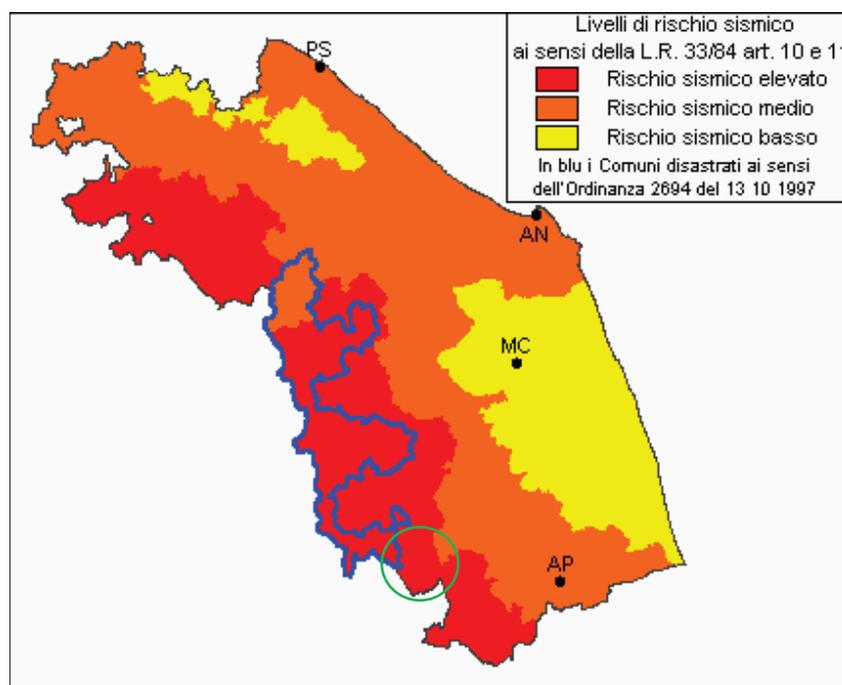


Figura 12: Il cerchio verde comprende il territorio comunale di Castelsantangelo sul Nera

a livello nazionale (*alta* $S=12$, *media* $S=9$ e *bassa sismicità* $S=6$). In conseguenza di questa classificazione la Regione Marche ha emanato la L.R 33/1984 "Norme per le

costruzioni in zona sismica” a cui ha fatto seguito la Circolare 15/1990 che classificava i comuni della regione su tre livelli di rischio sismico, A (elevato) , B (medio), C (basso) come rappresentati in *figura 12*, facendo ricadere il comune di Castelsantangelo sul Nera nel livello di rischio elevato.

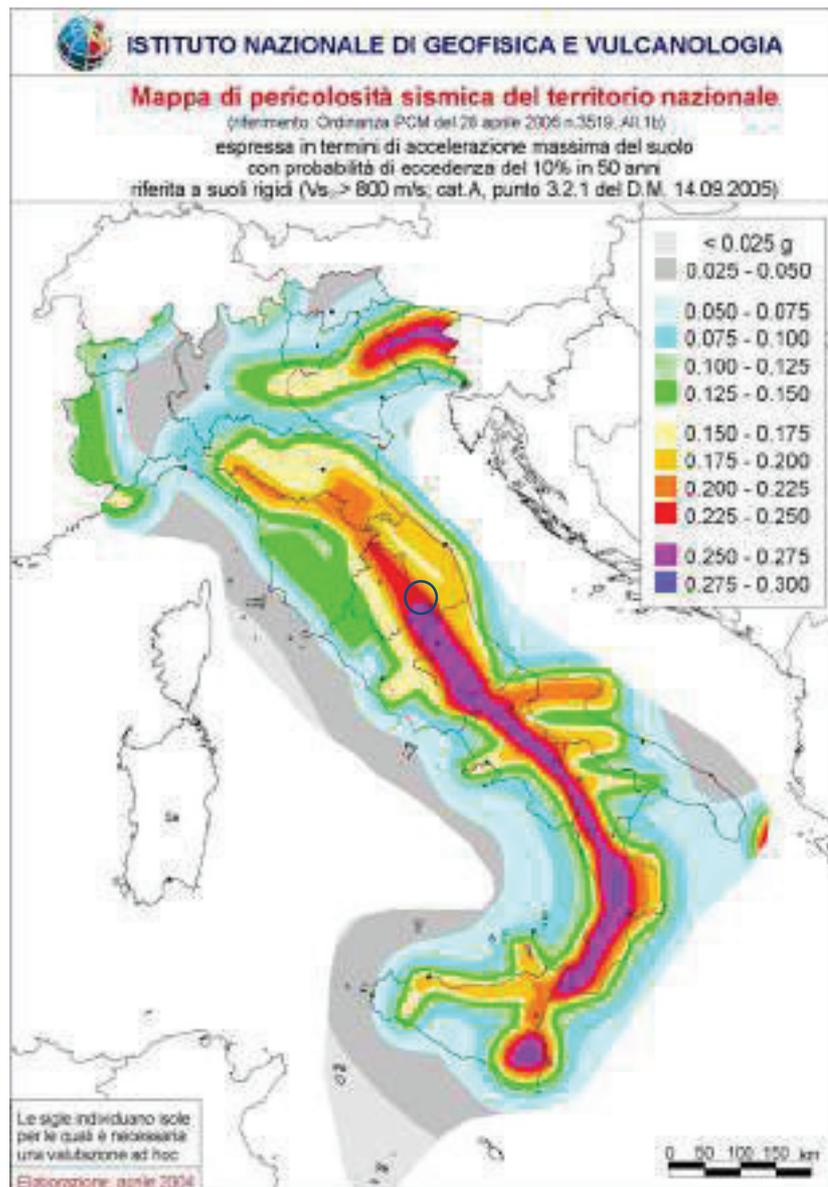


Figura 13: Il cerchio blu indica il territorio comunale di Castelsantangelo sul Nera

Successivamente, l'aggiornamento della classificazione sismica nazionale, stabilita con Ordinanza 3274 del 20.03.2003, recepita dalla Regione Marche con

DGR 1046 del 29.07.2003 e aggiornata con DGR 136 del 17.02.2004, distingue il comune di Castelsantangelo sul Nera nella Zona 1, come riportato graficamente nella mappa di cui all'allegato B dell'Ordinanza 3519 del 28.04.2006 (*figura 13*), assegnando poi con l'Ordinanza 3907 del 13.11.2010 - allegato 7, un valore di base di accelerazione massima del suolo a_g pari a 0,248649.

5 PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA DELLE INDAGINI

Il programma delle attività di studio per la microzonazione di terzo livello prende lo spunto da una completa rivisitazione ed analisi delle cartografie geologiche e litologico tecniche prodotte per la microzonazione di primo livello. Su questa base è stato sviluppato il piano riguardante le nuove indagini da realizzare tenendo conto della loro distribuzione sul territorio oggetto di studio dalla quale è poi emersa la necessità di integrare con opportune misure ciò che non risultava adeguatamente caratterizzato, specialmente da un punto di vista di acquisizione di dati sismici.

La stesura del programma è frutto di un preciso confronto con il personale designato dal CentroMS alla definizione del piano delle indagini ed alla fornitura di specifico supporto tecnico-scientifico durante le varie fasi di realizzazione del servizio. A tal proposito nei mesi di luglio ed agosto sono stati effettuati incontri presso i locali del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Camerino tesi sia a definire le differenti modalità di approccio al problema sia a valutare le varie tipologie di indagine nonché il loro posizionamento.

In particolare nell'area in oggetto sono state condotte delle indagini geofisiche consistenti in prove puntuali HVSR ed in prove lineari MASW, tarate sia con il rilievo geologico sia con i dati geognostici individuati attraverso prove penetrometriche e sondaggi allegati agli studi di microzonazione di livello 1 nonché di nuova esecuzione.

È stato altresì eseguito, come previsto dall'Ordinanza 24 del 12 maggio 2017 e successive integrazioni, un sondaggio a carotaggio continuo, a cura e spese dei sottoscritti, ubicato nel Capoluogo in località La Rocca, esteso fino alla profondità di 25 metri con l'intercettazione, a partire dalla profondità di 19 metri, del substrato integro, attrezzato per l'esecuzione della prova down hole (DH).

Le indagini sismiche di superficie (MASW ed HVSR) sono state eseguite ed elaborate dai sottoscritti nell'arco di tempo compreso tra il 16 ed il 28 settembre; queste sono state successivamente integrate, a seguito di ulteriori dati richiesti dal Centro MS, UOT Marche 1 responsabile prof. Dario Albarello, il 27 novembre.

Riguardo il sondaggio geognostico, il periodo della sua esecuzione nonché messa in posto della tubazione di rivestimento e conseguente cementazione, è compreso tra il 28 ed il 30 agosto; la prova down hole è stata effettuata il giorno 30 settembre a cura dai tecnici del Centro MS che hanno poi provveduto alla relativa interpretazione e fornitura dei dati. Questi ultimi ci sono stati consegnati in data 27 novembre.

I dati di cui sopra hanno permesso di ottenere l'interpretazione del modello del sottosuolo in termini di sismostrati fino all'individuazione del bedrock sismico.

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA

Per le analisi a supporto dello studio di microzonazione sismica di 3° livello si fa riferimento alla numerosa mole di dati raccolti con gli studi relativi al primo livello, alle indagini eseguite per la redazione del PRG, implementati con i risultati delle nuove e mirate indagini ad uopo eseguite per le quali si descrive anche la strumentazione utilizzata.

6.1 Caratterizzazione geotecnica

Di seguito si riporta una breve descrizione dei litotipi naturali presenti nel territorio esaminato, richiamando per ciascuno di essi le caratteristiche medie dei

principali parametri geomeccanici. Dette caratteristiche rappresentano sia la sintesi delle varie indagini e prove geotecniche di cui al presente lavoro, sia la ricapitolazione dei dati derivanti da indagini eseguite in precedenza nella stessa area nonché su terreni simili relativi a cantieri ubicati nelle aree immediatamente circostanti.

Terreni di copertura - GM: sono rappresentati da sedimenti prevalentemente sciolti, formati da commistioni di ghiaie, sabbie e limi che mostrano valori dell'angolo di attrito estremamente variabili:

γ	= peso di volume	= 1,9 – 2,05	g/cm ³
C_u	= coesione non drenata	= 0,0 – 1,7	Kg/cm ²
ϕ'	= angolo d'attrito	= 34° – 36°	
E_{ed}	= modulo di compressibilità	= 80 – 250	Kg/cm ²

SUBSTRATO: sulla base della relativa tabella di classificazione, di cui allo standard di rappresentazione, sono state distinte due diverse tipologie di substrato che vengono appresso descritte:

- **ALS:** contempla i litotipi delle *Marne del Monte Serrone* costituiti da alternanze di marne, marne argillose e marne calcaree, stratificate e contraddistinte generalmente da un grado di fratturazione medio. Le caratteristiche meccaniche sono paragonabili a quelle di una roccia lapidea tenera:

γ	= peso di volume	= 2,1 – 2,3	g/cm ³
ϕ'	= angolo d'attrito	= 30°	
C'	= coesione drenata	= 0,3	Kg/cm ²
C_u	= coesione non drenata	= 5	Kg/cm ²
E_{ed}	= modulo di compressibilità	= 200	Kg/cm ²

- **LPS:** si tratta di calcari marnosi grigi e grigio scuri, calcari selciferi con liste e noduli di selce bruna o nerastra ed intercalazioni centimetriche di argille

grigio verdastre; gli strati calcarei, nettamente prevalenti rispetto a quelli argillosi, sono caratterizzati da un grado di fratturazione elevato:

$$\begin{array}{llll} \gamma & = \text{peso di volume} & = 2,3 - 2,4 & \text{g/cm}^3 \\ \sigma_r & = \text{resistenza a rottura} & = 1500 - 1800 & \text{Kg/cm}^2 \end{array}$$

Valutando le caratteristiche di insieme dell'ammasso roccioso si possono considerare, in relazione al grado di fratturazione che si riscontra in alcune delle aree rilevate, i seguenti parametri geotecnici:

$$\begin{array}{llll} \phi_m & = \text{angolo d'attrito dell'ammasso} & = 41^\circ & \\ C_m & = \text{coesione dell'ammasso} & = 3,6 & \text{Kg/cm}^2 \end{array}$$

6.1.1 Strumentazione utilizzata

Per quanto concerne l'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata incaricata la ditta Geotecnica Lavori Srl di Perugia che ha operato con sonda meccanica Soil Mec 400; il carotaggio è stato effettuato per i primi metri di ciascun sondaggio a secco, senza fluido di perforazione con carotiere semplice ed una percentuale di recupero del materiale per la maggior parte superiore all'85%. In relazione ai terreni attraversati ed alla tipologia dei lavori da eseguire, è stato necessario rivestire con camicia metallica provvisoria l'intero sviluppo del foro di sondaggio. La perforazione è stata eseguita nei terreni di copertura con carotiere semplice mentre per i litotipi del substrato è stato utilizzato il doppio carotiere. L'espulsione della carota dal carotiere è stata eseguita con pressione idraulica, impiegando tamponi a tenuta.

Le cassette catalogatrici contenenti il carotaggio, munite di scomparti divisori e coperchio apribile, sono state fotografate durante il loro completamento con la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute.

Sono stati prelevati campioni di terreno disturbato per la caratterizzazione dei litotipi delle coperture.

Il foro di sondaggio è stato attrezzato per l'esecuzione della prospezione sismica down hole previo rivestimento con tubi in PVC, in spezzoni da 3 m. di lunghezza, assemblati mediante filettatura a vite. L'installazione del rivestimento è stata completata con il riempimento dell'intercapedine tra terreno e tubo di miscela cementizia fatta affluire dal fondo del foro tramite un tubicino di plastica, a perdere, affiancato al tubo in PVC. L'iniezione è stata effettuata lentamente ed a bassa pressione. Nei due giorni successivi è stato controllato il livello raggiunto dalla cementazione provvedendo al rabbocco dall'alto dell'intercapedine.

Per la sistemazione esterna è stata predisposta la posa in opera di un pozzetto di protezione in metallo, ben cementato nel terreno, munito di lucchetto di chiusura.

Riguardo l'esecuzione delle prove di caratterizzazione geotecnica sui campioni di terreno prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi, questa è stata eseguita dai tecnici del Centro MS che hanno utilizzato attrezzature proprie fornendo i risultati delle elaborazioni.

6.2 Caratterizzazione geofisica

Per la caratterizzazione geofisica del sottosuolo sono stati utilizzati i dati reperiti con gli studi di primo livello integrati con i numerosi dati ottenuti con le nuove indagini ad uopo eseguite. In particolare le tipologie di indagine hanno riguardato:

- misure di rumore ambientale con tecnica HVSR
- MASW
- Down Hole

L'ubicazione delle nuove indagini sismiche è stata stabilita a partire dai dati pregressi disponibili e quindi sulla base di considerazioni di carattere litologico-stratigrafico tenendo altresì conto del fattore copertura areale.

Le elaborazioni dei dati acquisiti sono riportate nelle relative schede allegate.

6.2.1 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove MASW consiste in un sismografo Pasi GEA24 a 24 canali, di 12/24 geofoni verticali ed orizzontali da 4,5 Hz, di un piattello in alluminio per energizzazione Onde di Rayleigh, di un travetto in legno per energizzazione Onde di Love ed una mazza da 10 kg; il programma utilizzato per l'acquisizione ed elaborazione dei dati è il WinMASW Acq 7.3 - Geopsy.

L'attrezzatura utilizzata per l'acquisizione dei microtremori ambientali è una terna triassiale "SR04 Geobox", della SARA Instruments Srl, attrezzata con sensori velocimetrici con frequenza propria da 4,5 Hz. Il campionamento è stato eseguito con una frequenza di 300 Hz, per una durata di 20 minuti ed ogni misura è stata elaborata con la tecnica HVSR, suddividendo il segnale in finestre temporali di 20 secondi, rimuovendo dalla media quelle contenenti transienti o disturbi.

Riguardo l'esecuzione della prova sismica in foro (Down Hole), questa è stata eseguita dai tecnici del Centro MS che hanno utilizzato attrezzature proprie fornendo i risultati delle elaborazioni.

7 ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

I dati acquisiti con il rilevamento geologico, le indagini geofisiche e geotecniche in sito e di laboratorio sono stati raccolti ed organizzati in una banca dati avendo come riferimento lo "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (versione 4.0b – ottobre 2015) prodotto dalla "Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica".

Riguardo i siti in cui posizionare le nuove indagini sono stati individuati, come già detto, di comune accordo con il Centro di Microzonazione Sismica.

Per ciò che concerne le prove MASW, gli stendimenti risultano di caratteristiche e lunghezza variabile in quanto dettati dalle particolarità morfologico-

urbanistiche di ciascun sito. Al fine di poter eseguire l'analisi congiunta di più componenti, si è provveduto ad acquisire sia Onde di Rayleigh (tramite geofoni verticali e/o orizzontali in posizione radiale) che Onde di Love (mediante geofoni orizzontali), effettuando più energizzazioni a diverse distanze dal primo geofono.

Unitamente all'acquisizione di tipo MASW si è provveduto ad effettuare una o più registrazioni di microtremori tramite apposita terna triassiale con tempo di registrazione pari a 20 minuti e frequenza di campionamento 300 Hz.

I dati acquisiti sono stati analizzati ed elaborati principalmente mediante il software WinMASW Acd ver 7.3, che permette uno studio congiunto di Onde di Rayleigh, Onde di Love e misure HVSR.

La scelta di acquisire sia Onde di Rayleigh che di Love è stata dettata dal fatto che tutti i metodi di indagine indiretti, tra cui MASW e HVSR, sono caratterizzati dal problema della non univocità, ovvero ad un determinato dato possono essere associati numerosi modelli, tutti differenti tra loro ma comunque in accordo con il dato acquisito; il solo modo per ridurre tale inevitabile grado di incertezza è quello di effettuare analisi che mettano a confronto più tipologie di dati e componenti. Sulla base di tali considerazioni, laddove possibile si è provveduto ad effettuare analisi congiunte MASW in Onde di Rayleigh e Onde di Love ed HVSR, proprio per poter ricostruire per ciascun sito un modello sismostratigrafico quanto più attendibile.

Il modello sismostratigrafico proposto per ciascun sito indagato è stato altresì ottenuto considerando anche i dati pregressi (di natura geologica, stratigrafica e sismica) ed elaborando i dati di nuova acquisizione mediante modellazione diretta; tale procedura consiste nell'ipotizzare un modello sismostratigrafico iniziale sulla base delle informazioni preesistenti in possesso, e procedendo poi nella sua ottimizzazione, modificando spessori e Vs in modo da rendere il modello in accordo con tutti i dati acquisiti. Il modello finale, corrispondente a quello ritenuto maggiormente plausibile per ciascun sito indagato, è stato poi riportato negli spettri

di velocità come curva modale e come spettro di velocità sintetico, e come curva HVSR teorica (quest'ultima ha tenuto conto sia delle Onde di Corpo che di Superficie, nonché del contributo di eventuali modi superiori).

Per ciò che riguarda la suscettibilità dei terreni alla liquefazione, oltre a non avere segnalazioni di fenomeni avvenuti in passato, la recente crisi sismica non ha evidenziato tale occorrenza, né tali fenomeni, anche in virtù delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche riscontrate nell'area studiata, hanno la possibilità di verificarsi. Ciò deriva infatti dalle proprietà dei terreni di copertura, i quali sono composti prevalentemente da litologie grossolane e molto grossolane (prevalentemente ghiaie e brecce alla granulometria compresa tra il ciottolo medio-fine ed il ciottolo grossolano).

Non sono state altresì rilevate instabilità dovute all'azione di faglie attive e capaci e di rotture secondarie.

8 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello del sottosuolo è stato ricostruito a seguito dell'interpretazione delle numerose indagini stratigrafiche e geotecniche eseguite e reperite e dei dati geologici di superficie acquisiti sia dalla numerosa produzione cartografica esistente sia attraverso il rilievo diretto. Tutte queste informazioni hanno contribuito a costruire la carta geologico tecnica la quale, rappresentando l'elaborato che sintetizza tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche), costituisce l'elemento principale da cui attingere le informazioni necessarie alla definizione del modello di sottosuolo.

Sulla base di quanto sopra si è provveduto all'elaborazione delle sezioni litostratigrafiche dalle quali emerge una schematizzazione del substrato, utilizzata poi per la modellazione 2D, rappresentata da una sequenza che, ad eccezione del capoluogo dove il substrato è rappresentato unicamente dai calcari della Corniola,

mostra per tutte le aree esaminate la successione Corniola (LPS) ⇒ Marne di Monte Serrone (ALS) ⇒ Calcari diasprini (LPS).

Detti litotipi sono per gran parte ricoperti, alla base dei versanti e nei fondovalle, da spessori variabili di depositi detritici ed alluvionali (GM) composti prevalentemente da clasti calcarei e calcareo marnosi, a granulometria grossolana, in matrice sabbiosa e limosa. Relativamente agli abitati di Nocria e Gualdo la copertura quaternaria del substrato è rappresentata da vasti accumuli di paleofrane a loro volta ricoperti da depositi detritici di versante.

Le numerose discontinuità tettoniche che caratterizzano questa porzione dell'Appennino non interessano, pur essendo prossime, i centri abitati oggetto di studio.

9 MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

Dalla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo e dalle indagini sismiche eseguite e reperite che hanno permesso la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito si è passati, attraverso elaborazioni e considerazioni anche di carattere geotecnico, alla ricostruzione del modello sismostratigrafico.

Come anticipato nel capitolo 5, per la definizione di tale modello è stato necessario eseguire ed acquisire delle nuove indagini che integrassero sufficientemente, in quelle aree in cui non vi era una quantità di dati ritenuta conveniente, le informazioni contenute negli elaborati di cui al primo livello di microzonazione sismica.

Tale modello rappresenta un elemento di particolare delicatezza poiché, nel caso di un evento sismico, l'energia che investe un territorio, sia dal punto di vista dell'intensità che da quello del contenuto in frequenza, dipende, oltre che dai meccanismi focali e dalla distanza ipocentrale, dalle litologie attraversate dalle onde

sismiche e anche dalle locali conformazioni morfologiche, siano esse superficiali o profonde. In particolare risultano rivestire grande importanza quelle caratteristiche dei terreni (spessori e proprietà fisiche e meccaniche) e morfologie sepolte che contraddistinguono l'ultimo tratto di percorso effettuato dall'energia sismica; qui si possono generare fenomeni in grado di amplificarla anche in maniera sensibile.

La definizione di tale modello consente quindi di determinare come le onde sismiche provenienti da una zona sismogenetica possono essere localmente modificate. Ne discende che tanto più elevato sarà il grado di conoscenza del territorio, tanto più prossima alla realtà sarà la ricostruzione del sottosuolo e tanto più precisamente sarà definito il comportamento dinamico del terreno.

Ciò detto il primo e più importante elemento da definire è l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato sismico (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio maggiori di 800 m/sec o significativamente superiori a quelli delle coperture) accompagnato da una stima della relativa profondità rispetto al piano campagna. A seguire le caratteristiche dei sismostrati che definiscono la successione dal substrato sismico al piano campagna. È importante, inoltre, l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte che, comunque, relativamente al territorio indagato non hanno rappresentato particolare rilevanza.

Nel caso specifico, il modello sismostratigrafico del sottosuolo, schematizzato nella seguente tabella 3, individua, al di sopra del bedrock sismico (V_s maggiori di 800 m/sec.) rappresentato dai litotipi della *Formazione della Corniola*, tre unità sismiche di cui di seguito, a partire dall'alto verso il basso, si procede a darne un'interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde di taglio rilevate:

- il primo sismostrato, riferibile ai detriti di versante, ha uno spessore generalmente compreso tra 3 e 20 metri: caratterizza la MOPS 2002 dove poggia direttamente sul substrato sismico mostrando velocità delle onde di

taglio comprese tra 350 e 450 m/s; corrisponde a depositi granulari mediamente addensati formati da commistioni di ghiaie, sabbie e limi che mostrano valori dell'angolo di attrito variabili in funzione della percentuale di matrice presente;

- il secondo sismostrato, mostra differenti range di spessore: caratterizza le MOPS 2001 e 2003 dove varia, rispettivamente, tra 10 e 40 metri e tra 3 e 20 metri, con velocità delle onde di taglio comprese tra 190 e 700 m/s; corrisponde ai depositi alluvionali poggianti direttamente sul substrato sismico (MOPS 2001) o sul substrato geologico (MOPS 2003); le caratteristiche geotecniche, generalmente discrete, dipendono dalla presenza di livelli e lenti di materiali fini (argille limose, limi sabbiosi e sabbie) di differente spessore e continuità laterale comprese all'interno delle ghiaie calcaree sempre ben addensate;
- il terzo sismostrato, definito sulla base dei risultati delle indagini sismiche di superficie confrontati con i dati del down hole, caratterizza un substrato geologico non rigido dove le velocità delle onde di taglio sono comprese tra 500 e 700 m/s; mostra vari range di spessore caratterizzando le MOPS 2003 e 2005 dove varia, rispettivamente, tra 7 e 20 metri e tra 30 e 85 metri. Riferibile generalmente ai litoptipi della *Formazione delle Marne del Monte Serrone*, poggia direttamente sul substrato sismico formato dalla *Formazione della corniola*.

COMUNE	MOPS	SPESSORE MIN (m)	SPESSORE MAX (m)	tipo_gt	SIGLA GEOL o Descrizione	LOG	Vs med (m/s)	Vs Min (m/s)	Vs max (m/s)
CASTALSANTANGELO	2001	10	40	GM	Depositi alluvionali	TC	400	190	700
				LPS	COI Calcarei stratificati	SS	1400	1146	1675
	2002	3	20	GM	Detrito di versante	TC	400	350	450
				LPS	COI Calcarei stratificati	SS	1400	1146	1675
	2003	3	20	GM	Depositi alluvionali	TC	400	190	700
		7	20	ALS	RSN Alternanze di calcari e marne	SG	600	500	700
				LPS	COI Calcarei stratificati	SS	1400	1146	1675
	2004			LPS	COI Calcarei stratificati	SS	1400	1146	1675
	2005	10	30	ALS	RSN Alternanze di calcari e marne	SG	600	500	700
				LPS	COI Calcarei stratificati	SS	1400	1146	1675

Tabella 3: scheda riassuntiva delle principali caratteristiche delle MOPS

10 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA MEDIANTE MODELLAZIONE 1D E 2D

L'area oggetto di studio è stata sottoposta ad analisi di risposta sismica mediante modellazione mono e bidimensionale, il tutto finalizzato alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 3, stimando, sulla base dei risultati delle indagini sismiche eseguite, il valore del fattore di amplificazione dei terreni.

Relativamente ai dati di input, i sette accelerogrammi utilizzati per le modellazioni 1D sono stati forniti dal Centro Ms.

10.1 Modellazione 1D

Il programma utilizzato per tale modellazione è STRATA (Kottke & Rathje, 2008) che permette la realizzazione di analisi di risposta sismica locale 1D in un contesto semplificato di tipo elastico-equivalente. Il modello consiste in una serie di strati piani e paralleli, ognuno dei quali è considerato omogeneo ed isotropo, di estensione orizzontale infinita, poggianti su bedrock sismico.

In particolare per l'elaborazione devono essere definiti gli strati di terreno che compongono la singola MOPS, individuate le relative curve di decadimento e smorzamento da utilizzare e stabilite la profondità del substrato sismico dove viene applicato il moto sismico di riferimento. Completano l'elaborazione la settupla di

accelerogrammi di riferimento. Per ogni accelerogramma viene eseguita un'elaborazione e l'esito complessivo dell'analisi sarà un insieme di 7 spettri di risposta in superficie e 7 per il substrato che, opportunamente elaborati, forniscono i valori di FA per ogni singola microzona e per ciascun periodo di riferimento (0,1-0,5s 0,4-0,8s e 0,7-1,1s).

Riguardo l'elaborazione, nella definizione dei dati di ingresso (spessore di ciascun sismostrato, relative curve di decadimento e smorzamento, peso di volume, V_s) particolarmente delicata, come riportato nel capitolo precedente, è stata la valutazione della profondità del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) la quale è emersa da considerazioni effettuate sulla base delle interpretazioni dei dati derivati principalmente dall'esecuzione dei down hole. Laddove non era presente tale dato, ci si è avvalsi dei risultati derivanti dall'esecuzione di prove MASW e HVSR, analizzati in maniera congiunta e sviluppati ipotizzando dei modelli sismostratigrafici del sottosuolo (spessori – V_s) basati su informazioni pregresse dell'area in esame. Nella fattispecie ciò ha portato a considerare la porzione alterata del substrato come non sismico e la porzione integra come sismico.

La procedura utilizzata per l'elaborazione è la seguente

- impostazioni generali (tipo di analisi e parametri di calcolo);
 - inserimento per ciascuna MOPS delle proprietà dei terreni (peso dell'unità di volume, modello per il modulo di taglio normalizzato, modello per il fattore di smorzamento);
 - inserimento per ciascuna MOPS delle caratteristiche del terreno (profondità, spessore, tipo, velocità delle V_s);
 - specifica dei dati e diagrammi di output;
 - scelta dell'approccio che tiene conto della variabilità di V_s (h), delle curve di decadimento e smorzamento e della profondità del substrato rigido di riferimento.
- Per le simulazioni, è stato utilizzato il metodo stocastico di Monte Carlo.

In definitiva per ogni singola MOPS l'elaborazione ha prodotto, secondo la procedura fissata dal Centro MS, per ognuno dei 7 accelerogrammi in input 100 accelerogrammi in superficie e 100 spettri di risposta al bedrock. Da questi dati sono stati poi estratti, con apposita procedura, i 7 accelerogrammi in superficie ed i 7 spettri di risposta al bedrock che meglio approssimano lo spettro mediano utilizzato per il calcolo dei fattori di amplificazione. L'ulteriore elaborazione congiunta, tramite apposita tabella elaborata in excel fornita dal Centro MS, dei dati sopra estrapolati ha fornito i valori di FA, come rapporto tra accelerazione al suolo su accelerazione al bedrock, per ciascuna MOPS calcolati come media logaritmica dei valori di FA relativi ai 7 accelerogrammi utilizzati e per il periodo preso in considerazione.

10.2 Modellazione 2D

L'analisi di risposta sismica condotta mediante l'uso del codice STRATA con un approccio lineare equivalente 1D, non consente di tenere conto di effetti indotti dalla presenza di marcate variazioni laterali nelle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti, né di quelli provocati da morfologie complesse della superficie del terreno. Questi ultimi effetti possono indurre marcate variazioni dello scuotimento anche a piccola scala ovvero all'interno della specifica Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica (MOPS), la cui effettiva omogeneità è garantita solo in prima approssimazione, ovvero alla scala della microzonazione sismica. Anche gli esiti prodotti dallo studio di microzonazione sismica di livello III, in quanto finalizzati alla valutazione del livello di pericolosità sismica alla scala dell'abitato, non possono essere considerati sostitutivi di una specifica analisi di risposta sismica locale finalizzata alla progettazione o alla verifica sismica del singolo manufatto. Tuttavia può risultare utile valutare preliminarmente l'entità degli effetti non considerati nella modellazione 1D della risposta sismica mediante l'uso di appositi abachi o modellazioni più avanzate.

A questo scopo vengono esaminati i risultati di una modellazione numerica 2D su una sezione rappresentativa delle condizioni del sottosuolo del territorio indagato in modo da valutare il possibile scostamento dai valori di FA ottenuti nelle diverse MOPS con quelli dedotti in alcuni punti dall'analisi 2D della risposta sismica. Questa analisi è stata condotta dal Centro di Microzonazione Sismica utilizzando un codice agli elementi finiti (LSR_2D prodotto dalla ditta STACEC S.p.A) che implementa l'algoritmo lineare equivalente QUAD4M (Idriss et al., 1994) e seguendo le prescrizioni definite nei protocolli operativi definiti nell'ambito delle attività di microzonazione sismica nell'area dell'Italia Centrale. Dato che si tratta comunque di un'analisi di microzonazione sismica non finalizzata alla progettazione, i dati relativi ai valori di Vs assunti per le diverse formazioni (gruppi_GT) corrispondono alla mediana degli intervalli di variazione assegnati alla formazione considerata. Non è stato fatto alcun tentativo di ottimizzazione in rapporto alle misure disponibili localmente.

In alcuni punti della sezione giudicati rappresentativi degli effetti attesi, sono stati ricavati i fattori di amplificazione (FA) nelle tre fasce di periodo di vibrazione, gli spettri di risposta relativi ai sette accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica di riferimento (moto di input) e i sette accelerogrammi alla superficie. I valori di FA sono stati confrontati con quelli dedotti per la stessa MOPS dall'analisi 1D per valutarne la relativa congruità. Nel caso in cui questi ultimi risultassero meno cautelativi, i risultati della modellazione 1D sono stati sostituiti da quelli dedotti dalla modellazione 2D. Il confronto è stato eseguito utilizzando i seguenti criteri:

1. il parametro guida è il valore di FA nell'intervallo 0.1-0.5 s
2. lo scarto tra i valori di FA ottenuti dalla modellazione 1D e quella 2D sia ≥ 0.2

11 CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

L'assegnazione della categoria del sottosuolo, così come formulata nel disciplinare di incarico, a partire da un valore di V_{s30} per ogni MOPS, rappresenta una richiesta assai singolare. Infatti il valore di V_{s30} può essere considerato valido solo puntualmente in quanto dipendente da una serie di fattori (caratteristiche litologico stratigrafiche, spessori, caratteristiche geotecniche, morfologia sepolta, topografia..) che rappresentano una condizione geologica lato sensu, strettamente locale (passi l'ossimoro). Quindi voler estendere ad un'intera MOPS valori di V_{s30} derivanti da indagini puntuali costituisce una forzatura che può rappresentare un elemento di pericolosa interpretazione da parte di chi, incautamente, si dovesse avvalere di tale dato per farne un uso applicativo.

Pertanto il valore di V_{s30} (e quindi della corrispondente categoria di sottosuolo) corrisponde ai soli punti dove esiste un profilo di V_s univocamente definito (ovvero solo dove è stata eseguita la prova DH).

Comunque in ossequio alle richieste si specifica che sulla verticale del sondaggio attrezzato per la prova down hole si calcola la seguente velocità media delle onde sismiche nei primi 30 metri di terreno:

$$V_{s30} = 427,88 \text{ m/s} \quad \text{Categoria del sottosuolo} = \text{B}$$

12 RISULTATI E LORO PRESENTAZIONE

Per la rappresentazione cartografica sono state strettamente osservate le disposizioni dettate negli ICMS (2008), nelle linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da deformazioni cosismiche permanenti e negli standard nazionali di rappresentazione e archiviazione (Standard versione 4.0b).

Per lo sviluppo del data base è stato utilizzato il software per l'archiviazione informatica SoftMS versione 4.0.

12.1 Carta delle indagini

Realizzata in scala 1:5.000, contiene sia una selezione delle indagini che hanno interessato in passato il territorio in studio, sia la serie delle nuove indagini geognostiche e geofisiche (HVSR e MASW) realizzate per la redazione del 3° livello di microzonazione sismica, ubicate, quest'ultime, laddove è risultato essere carente questo tipo di informazione.

Tutti i dati sopra detti sono stati archiviati in due tabelle, una per le indagini di tipo puntuale e l'altra per le indagini di tipo lineare, adottando gran parte dei campi indicati nelle "Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica" (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 Novembre 2010, n.3907). In entrambe le tabelle, le indagini sono state catalogate secondo i codici indicati negli Standard di rappresentazione; dal punto di vista grafico sono state proiettate distinguendole per tipologia. I relativi shapefile sono contenuti nella cartella "Carta Indagini".

12.2 Carta CGT

Discende dalla revisione dettagliata dei rilievi geologici e morfologici disponibili; in particolare da:

- cartografia geologica e geomorfologica relativa al P.R.G. del Comune di Castelsantangelo sul Nera
- cartografia geologica regionale C.A.R.G. – sezioni 325100 e 325110;
- cartografia delle aree in dissesto censite dal P.A.I. (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico, Autorità di Bacino del Fiume Tevere).

I dati derivati dalle cartografie sopra esposte sono stati integrati con quelli desunti dalle indagini reperite ed eseguite, allo scopo di stabilire nel dettaglio la litologia affiorante ed i rispettivi rapporti stratigrafici; quando è stato ritenuto necessario sono stati eseguiti opportuni controlli tramite sopralluoghi.

In questa cartografia, corredata da sezioni geologiche significative, sono stati

rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie, comprese le coperture detritiche con spessore misurato/stimato superiore a 3 metri, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti.

Di seguito vengono indicati gli elementi principali caratterizzanti l'elaborato in oggetto.

– TERRENI DI COPERTURA

Sulla base delle prove reperite e della documentazione a disposizione le unità di copertura presenti sul territorio comunale, ad eccezione di quelle derivanti da fenomeni franosi (corpi di frana), sono state così raggruppate:

- Ghiaie composte da elementi calcarei e calcareo marnosi a granulometria media e grossolana, in matrice sabbioso limosa (*GM*);

– SUBSTRATO GEOLOGICO/SISMICO

I litotipi del substrato, più o meno affioranti nell'area di studio, sono stati suddivisi, in relazione alla loro natura litologica, nelle seguenti due categorie:

- lapideo stratificato (*LPS*), che individua le litofacies calcaree sia della Corniola sia dei Calcari diasprini;
- alternanze di litotipi stratificati (*ALS*), che individua le litofacies calcaree e marnose dalla formazione delle Marne del Monte Serrone;

– INSTABILITÀ DI VERSANTE

Sulla base dei documenti reperiti e dei sopralluoghi eseguiti sono stati identificati nelle aree indagate vasti movimenti gravitativi antichi, ormai stabilizzati (paleofrane), che hanno interessato le aree in cui sono ubicati gli abitati di Nocria e Gualdo. Sono stati altresì evidenziati dei fenomeni di colata (debris flow) che, attivi in tempi storici (1906), hanno interessato gli scaricatori che sboccano nel Capoluogo (fosso di Sant'Angelo), nell'abitato di Nocelleto (fosso Valle di Varogna) e Nocria (fosso di Rio Falcone), per lo più i depositi delle coperture con dimensioni,

sia nello sviluppo planimetrico sia negli spessori, tutto sommato contenute.

– FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

Nonostante la caratteristica montana del territorio non sono state individuate, relativamente alle aree indagate, scarpate dalle forme nette e significative. Per quanto riguarda le forme sepolte, la ricostruzione morfologica del sottosuolo, basata su osservazioni di superficie nonché considerazioni estrapolate dalle stratigrafie dei sondaggi, non ha evidenziato la presenza di situazioni particolari.

– ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI

Anche in relazione ai dati pubblicati dall'I.S.P.R.A. (vedi il progetto I.T.H.A.C.A.) è stato possibile escludere, per il territorio indagato, la presenza di faglie attive e capaci. Confermano e completano il quadro le sezioni geologiche, ubicate così come indicate in cartografia dalle relative tracce, realizzate allo scopo di ricostruire il modello geologico del sottosuolo.

12.3 Carta delle Frequenze

Rappresenta l'ubicazione delle misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR complessivamente utilizzate per questo studio con elencate frequenza ed ampiezza del picco di risonanza derivanti dall'interpretazione dei dati acquisiti.

Le curve HVSR realizzate mostrano per la maggior parte delle zone indagate picchi compresi tra 2 e 3 Hz, caratterizzati in prevalenza da ampiezze generalmente comprese tra 3 e 5, che corrispondono alle aree con maggior copertura detritica.

Il range significativo a cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'azione sismica di un sito è circa 1-10 Hz. Picchi con frequenze inferiori ad 1 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità superiori a 100 metri. Frequenze di risonanza superiori a 10 Hz sono rappresentative di limiti stratigrafici, generalmente esistenti tra coperture detritiche e substrato roccioso, la cui profondità è dell'ordine di qualche metro (inferiori a 5 m).

Per valutare l'importanza del contrasto d'impedenza sismica si fa riferimento al

seguente criterio di classificazione:

- per ampiezze < 3, basso contrasto d'impedenza sismico;
- per ampiezze > 3, alto contrasto d'impedenza sismico.

12.4 Carta delle MOPS

Nel presente capitolo viene descritta la carta delle MOPS di livello 3, realizzata in scala 1:5.000, nonché riportata la descrizione della carta delle MOPS di livello 1 la quale, in base a quanto prescritto dal disciplinare di incarico, è stata integrata nella carta delle MOPS di livello 3 realizzando un'apposita cartografia ibrida in scala 1:10.000.

12.4.1 Carta delle MOPS livello 3 - scala 1:5.000

Sulla base delle nuove e mirate indagini sismiche, sia di superficie sia profonde, integrate e confrontate con le indagini di microzonazione di primo livello nonché da ripetuti incontri e contatti con i referenti del Centro di Microzonazione Sismica, la carta delle MOPS, realizzata per gli studi di primo livello, è stata via via modificata ed aggiornata fino all'attuale stesura.

Nella sostanza, al di là delle aree stabili caratterizzate dall'affioramento del substrato geologico rigido costituito dai litotipi della formazione della Corniola, il numero delle MOPS è risultato essere di 4 (figura 14); queste rispecchiano le tipologie stratigrafiche in prospettiva sismica presenti ed ogni MOPS si distingue per la sovrapposizione di litotipi con diverse caratteristiche tessiturali, composizionali, di addensamento e di alterazione o fratturazione. Ognuna di queste MOPS viene quindi considerata omogenea in funzione dei valori di Vs.

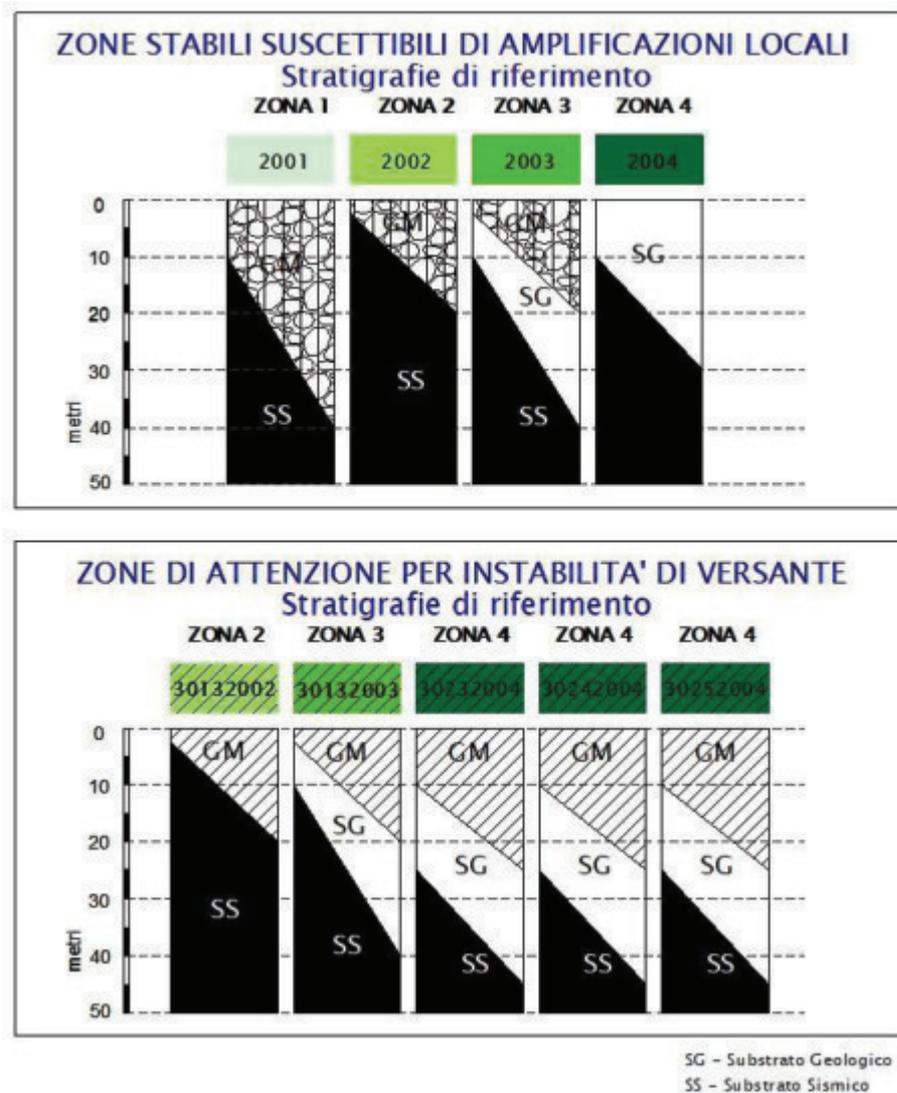


Figura 14: colonnine stratigrafiche rappresentative delle MOPS e delle zone di attenzione.

- Zona 2001 - l'area è caratterizzata dall'affioramento del substrato geologico rigido sormontato da spessori compresi tra 10 e 40 metri di depositi alluvionali ghiaiosi (GM), a granulometria prevalentemente grossolana, in matrice sabbiosa e limosa.
- Zona 2002 - l'area è caratterizzata da una coltre detritica (GM) formata in prevalenza da clasti calcarei a spigoli vivi in matrice di natura sabbioso-limosa, mediamente addensati, con spessori compresi tra 3 e 20 metri, poggiante su un substrato geologico rigido.

- Zona 2003 – si distingue dalla precedente per la presenza al di sotto della coltre detritica di spessore compreso tra 3 e 20 metri, di un substrato geologico non rigido, avente spessori compresi tra 7 e 20 metri , poggianti su un substrato geologico rigido.
- Zona 2004 - l'area è caratterizzata dall'affioramento del substrato geologico non rigido costituito, per uno spessore compreso tra 10 e 30 metri, dai litotipi della formazione delle Marne del Monte Serrone poggianti sul substrato geologico rigido costituito dai litotipi della formazione della Corniola.
- Zona di attenzione per instabilità di versante – nelle zone investigate sono state rilevate aree interessate da fenomeni di dissesto già descritti in precedenza. Per quanto riguarda gli abitati di Galdo e Nocria gli accumuli di frana su cui essi poggiano sono rappresentativi di eventi antichi ormai stabilizzati (paleofrane). Relativamente ai conoidi detritici che interessano gli abitati di Nocelleto e Nocria (frazione San Vittorio) vi è da mantenere particolare attenzione provvedendo ad un attento studio e monitoraggio delle condizioni dei corsi d'acqua che tali conoidi sottendono, nonché all'eventuale messa in opera di interventi tesi a scongiurare il ripetersi di fenomeni di debris flow.

Tutto ciò detto è comunque da tenere nella debita considerazione il fatto che tale carta rappresenta il risultato della sovrapposizione di informazioni di diversa natura, ossia informazioni areali di tipo qualitativo e indicazioni puntuali di tipo quantitativo, per cui contiene necessariamente delle approssimazioni, fatto di cui bisogna tenere conto anche nella lettura della derivata carta di 3° livello.

12.4.2 Carta delle MOPS livello 1/livello 3 - scala 1:10.000

Questa carta, redatta alla scala 1:10.000, rappresenta l'unione degli elaborati

di primo livello con quello di terzo. Cioè alle MOPS di livello 3, che rappresentano le perimetrazioni abitate dei nuclei frazionali di Castelsantangelo Sul Nera, sono state aggiunte al loro intorno tutte le altre aree riportate nella carta delle MOPS di livello 1, già validata ed ufficializzata, redatta da altri professionisti nell'anno 2012.

Pertanto l'elaborato in oggetto, redatto così come prescritto dall'articolo 5 del disciplinare di incarico, mette insieme prodotti che sono stati realizzati impiegando standard di rappresentazione e archiviazione informatica diversi (Versione 1.5 del 5/10/2011 per la carta delle MOPS di livello 1 e Versione 4.0b/2015 per la carta delle MOPS di livello 3) e risorse nettamente differenti: in particolare la carta di livello 1 è ottenuta da dati prettamente bibliografici mentre la carta di livello 3 è ottenuta da indagini, seppur minime in quanto derivanti dalle modestissime risorse messe in campo dal Commissario Straordinario Ricostruzione Sisma 2016, specifiche ed appositamente eseguite.

Vi è inoltre da dire che tale cartografia può, ad una lettura poco attenta, essere fuorviante e quindi rappresentare un elemento di confusione nel momento in cui deve trovare applicazione quanto previsto dall'Ordinanza n.24 del 12-05-2017 nei seguenti punti definiti all'art. 7:

5. *Le Regioni adottano gli studi e li utilizzano per le attività di pianificazione e di progettazione che si svolgono nel proprio territorio.*
6. *I Comuni recepiscono immediatamente gli esiti degli studi nei propri strumenti di programmazione e pianificazione urbanistica degli interventi di ricostruzione.*

Detto ciò, tutte le zone poste all'esterno delle perimetrazioni dei centri abitati presi in considerazione dalla microzonazione di livello 3, rappresentano microzone individuate dai professionisti incaricati degli studi di microzonazione di livello 1 distinte sia sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche sia in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati litostratigrafici e geofisici esistenti. Le relative microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1 (MOPS) sono state così descritte nella relazione accompagnatoria:

“- ZONE INSTABILI:

- In tali zone sono state inserite tutte le aree in frana sia recenti che antiche (paleofrane), le aree di conoide e le aree con presenza di detriti di versante su versanti con pendenza topografiche accentuate.

- ZONE STABILI: (substrato affiorante)

- Zona 1: Comprende tutte le aree in cui affiora il substrato integro; tali aree sono molto ristrette ed interessano solo piccoli lembi situati perlopiù ai bordi dei centri abitati, come in frazione Nocelleto-Castelsantangelo capoluogo e Vallinfante.

- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE: (coltri di copertura su substrato)

- Zona 2: Comprende tutte le aree dove sono presenti i depositi alluvionali di fondovalle con spessore massimi di circa 20÷25 m., che insistono su substrato rigido, a morfologia quasi pianeggiante, tali aree si estendono lungo la valle del F.Nera ed il Fosso di Varogna.

- Zona 3: Comprende le aree dove affiorano i depositi Fluvio-glaciali, che insistono su substrato rigido dello spessore max valutabile in 30÷40 m. a, morfologia piuttosto dolce, e ricadenti in una valle piuttosto ampia, località Vallinfante.

- Zona 4: Comprende le aree dove affiorano i depositi costituiti da detrito di falda cementato, su substrato alterato. Essi si rinvengono in porzioni molto limitate delle aree oggetto di micro zonazione, di cui quello più esteso è situato sul lato Nord Ovest della Frazione Nocria.”

Tuttavia tale suddivisione presenta delle incongruenze rispetto alla legenda della carta delle MOPS di livello 1 per cui la descrizione sopra riportata può essere così interpretata e modificata (le modifiche sono evidenziate in giallo):

“- ZONE INSTABILI:

- In tali zone sono state inserite tutte le aree in frana sia recenti che antiche (paleofrane), le aree di conoide e le aree con presenza di detriti di versante su versanti con pendenza topografiche accentuate.

- ZONE STABILI: (substrato affiorante)

- ~~Zona 1~~ e ~~Zona 2~~: Comprende tutte le aree in cui affiora il substrato integro; tali aree sono molto ristrette ed interessano solo piccoli lembi situati perlopiù ai bordi dei centri abitati, come in frazione ~~Gualdo~~, ~~Nocelleto~~-Castelsantangelo capoluogo, ~~Macchie~~ e Vallinfante.

- ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE: (coltri di copertura su substrato)

- ~~Zona 2~~ ~~Zona 1 (2005)~~: Comprende tutte le aree dove sono presenti i depositi alluvionali di fondovalle con spessore massimi di circa 20÷25 m., che insistono su substrato rigido, a morfologia quasi pianeggiante, tali aree si estendono lungo la valle del F.Nera ed il Fosso ~~Varegna~~ di ~~Rapegna~~.

- ~~Zona 3~~ ~~Zona 2 (2006)~~: Comprende le aree dove affiorano i depositi Fluvio-glaciali, che insistono su substrato rigido dello spessore max valutabile in 30÷40 m. a, morfologia piuttosto dolce, e ricadenti in una valle piuttosto ampia, località Vallinfante.

- ~~Zona 4~~ ~~Zona 3 (2007)~~: Comprende le aree dove affiorano i depositi costituiti da detrito di falda cementato, su substrato alterato. Essi si rinvengono in porzioni molto limitate delle aree oggetto di micro zonazione, di cui quello più esteso è situato sul lato Nord ~~Ovest~~ della frazione ~~Noceria~~ ~~Nocelleto~~ (Ca' Bartolo).”

12.5 Carta di Microzonazione Sismica di livello 3

Discende dalle analisi di risposta sismica locale eseguite attraverso le modellazioni 1D e 2D applicate alla carta delle MOPS che, realizzata per gli studi di primo livello, è stata via via modificata ed aggiornata, sulla base dei nuovi elementi che volta per volta venivano acquisiti, fino all'attuale stesura. La cartografia di Microzonazione Sismica di livello 3 comprende 3 elaborati che tengono ciascuno conto dei seguenti periodi di riferimento: 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s.

I risultati in termini di FA sono desunti dalle analisi 1D, implementati localmente, laddove sono state eseguite delle verifiche 2D che riportavano un coefficiente superiore, con i relativi risultati estendendoli poi arealmente, mediante

l'ausilio combinato della cartografia geologica e della cartografia MOPS, ad una zona al contorno ritenuta omogenea. In sintesi nell'associare alle varie aree il valore di FA è generalmente prevalso il principio di cautela considerando anche i livelli di danno degli edifici ed opere ivi ricadenti.

A tal proposito per la zona 2001 è stato adottato il valore di FA desunto dalle verifiche 2D, P51: FA 2,1 (periodo 0,1-0,5s) – FA 2,1 (periodo 0,4-0,8s) – FA 1,4 (periodo 0,7-1,1s); mentre per la zona 2002 il valore della P35: FA 1,8 (periodo 0,1-0,5s) – FA 1,2 (periodo 0,4-0,8s) – FA 1,1 (periodo 0,7-1,1s). Per le mops 2003 e 2005 vengo adottati i valori emersi dalle modellazioni 1D. Riguardo la zona 2004, essendo affiorante il substrato rigido non si rilevano fenomeni di amplificazione sismica.

13 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Pur essendo note nei comuni circostanti segnalazioni di danneggiamenti subiti a seguito di scosse sismiche risalenti al 1300 (su Visso sono documentati effetti di danno gravissimo per il terremoto del 1328), relativamente al comune di Castelsantangelo sul Nera questi dati iniziano solamente a partire dal 1730 con il terremoto del 12 maggio che interessò con crolli e danni abbastanza gravi Norcia, Campi, Ancarano e Cascia. A Castelsantangelo sul Nera, Ussita, Vallestretta, Vallinfante e Visso si ebbe un danneggiamento meno intenso. Questo evento interessò un'area già coinvolta dai violentissimi terremoti del 1703. Per alcune località non è possibile distinguere quanto il danneggiamento attestato sia imputabile al terremoto del 1730 e quanto alle preesistenti cattive condizioni degli edifici. *Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)*

Dopo questo evento non si hanno notizie fino al 1972 quando il terremoto che colpì Montefortino provocò nel territorio comunale danni al tessuto edilizio pari ad

un'intensità 7 MCS. Tale livello di danni si è ripetuto poi con i terremoti del 1979 della Valnerina e con la lunga sequenza sismica del 1997-1998 che ha colpito l'Umbria e le Marche.

Gli eventi del 26 e 30 ottobre 2016 sono quelli probabilmente più rilevanti nella storia sismica conosciuta di Castelsantangelo sul Nera. In particolare la scossa di magnitudo 6,5, avvenuta il 30 ottobre nella zona a Sud-Est di Norcia, rappresenta l'evento più violento avvenuto in Italia a partire dal 1980, ossia dal terremoto dell'Irpinia. Infatti a queste scosse si devono la maggior parte dei danneggiamenti subiti dagli edifici variamente ubicati nel comune di Castelsantangelo sul Nera dove lesioni e crolli, sia parziali che totali, hanno coinvolto una quota superiore al 90% del patrimonio edilizio. A tale rovina hanno sicuramente contribuito gli effetti delle precedenti scosse sismiche, succedutesi fin dal 24 agosto 2016, le quali avevano già fatto vedere l'apertura di lesioni in alcuni edifici. Tuttavia, benché il livello di danneggiamento sia effettivamente molto elevato, appare con una certa evidenza che la portata del danno poteva essere ben maggiore, con anche perdita di vite umane, se non si fossero posti in essere interventi su quella porzione di edifici più vulnerabili e/o lesionati in seguito alla precedente sequenza sismica umbro-marchigiana del 1997.

14 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Nell'ambito di uno studio di microzonazione sismica particolare attenzione deve essere posta alla quantità e qualità dei dati geognostici che si hanno a disposizione. Tale aspetto influisce certamente sia sulle interpretazioni geologiche che verranno effettuate nelle fasi di analisi e di sintesi dei dati, sia nella gestione delle eventuali incertezze. Nell'ambito del presente studio, nonostante una non omogenea distribuzione dei dati geognostici e geotecnici ritenuti affidabili ed utilizzabili e nonostante il limitatissimo numero di indagini dirette e mirate (sondaggi

geognostici e down hole in particolare) rese disponibili dalla quantità dei finanziamenti concessi, si ritiene che il grado di dettaglio sia sufficientemente attendibile e che, a livello generale, le interpretazioni e le incertezze siano contenute e compatibili al grado di approfondimento dello studio stesso, il quale si rivolge prettamente a progetti applicati alla pianificazione territoriale. Nella fattispecie si rammenta che la variazione locale degli spessori dei terreni di copertura, soprattutto in relazione alla mutevolezza delle condizioni morfologiche superficiali e sepolte rappresentate sul territorio, il grado di alterazione del substrato, la naturale variabilità delle caratteristiche geotecniche dei terreni, delineano una condizione dove il dato che emerge da questo studio non può trovare applicazione diretta nella redazione di progetti alla scala dell'edificio, per i quali è assolutamente auspicabile la redazione di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche puntuali e, specialmente per quelle strutture ricadenti nelle classi III e IV, studi specifici di risposta sismica locale.

Da ultimo, appare necessario delineare quelle che sono state le problematiche che hanno fatto da corollario ad un lavoro che rappresenta uno sforzo notevole per tutti soggetti coinvolti, a partire da chi è stato impegnato sul territorio fino ai coordinatori. Elencando i vari fattori che hanno contraddistinto il cammino, iniziato nel mese di luglio 2017, ciò che appare come elemento determinante è stato il poco tempo concesso per lo svolgimento di tutto il lavoro (150 giorni). All'interno di tale arco di tempo ha trovato spazio anche la necessaria formazione professionale che ha richiesto, insieme all'acquisizione di competenze relative a nuovi software da utilizzare al fine di omogeneizzare i lavori svolti da vari professionisti, oltre un mese di tempo. A seguire la pianificazione delle indagini da realizzare in campagna e l'esecuzione di sopralluoghi ed indagini geognostiche e geofisiche nonché il complicato reperimento delle ditte per la loro esecuzione sia per il periodo (mese di agosto) sia perché largamente impegnate. Di non poco conto è stato poi il lavoro

svolto in ufficio dove, oltre alla raccolta dei numerosi dati messi in campo vi è stato un faticoso impegno nell'elaborazione degli stessi ed una lunga opera di trasposizione cartografica attraverso software specifici. A ciò si deve poi aggiungere il fatto che una tale tipologia di lavoro ha necessitato, per il suo carattere sperimentale data la vastità dell'area complessivamente indagata (il cosiddetto "cratere sismico"), di correzioni ed aggiustamenti in itinere che abbiamo soddisfatto insieme a varie richieste da parte del Centro di MS.

ALLEGATI

1 – Carta delle indagini	scala 1:5.000
2 – Carta delle frequenze fondamentali	scala 1:5.000
3 – Carta geologico-tecnica	scala 1:5.000
4 – Sezioni geologico-tecniche	scala 1:5.000
5 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	scala 1:5.000
6 – N° 3 Carte di microzonazione sismica di livello 3	scala 1:5.000

BIBLIOGRAFIA

Albarello D., Castellaro S., (2011) - *Tecniche sismiche passive*. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII, 2, (Suppl.), pp32-62.

Calamita F., Caputo R., Pizzi A., e Scisciani V. (1997) - *Caratterizzazione cinematica ed evoluzione deformativa delle faglie quaternarie con attività olocenica: esempi dall'Appennino centrale*. Il Quaternario, 10, 2, pp 615-620.

Calamita F., Pizzi A., Scisciani V., De Girolamo C., Coltorti M., Pieruccini P.,

Turco E., (2000) - *Caratterizzazione delle faglie quaternarie nella dorsale appenninica umbro-marchigiano-abruzzese*. CNR-GNDT. Le Ricerche del GNDT nel Campo della Pericolosità Sismica (1996-1999) (Galadini F., Meletti C., Rebez A. Eds.), 157-169.

Centamore E. et alii, (1991) - *L'Ambiente Fisico delle Marche*; Regione Marche, Giunta Regionale, Assessorato Urbanistica-Ambiente.

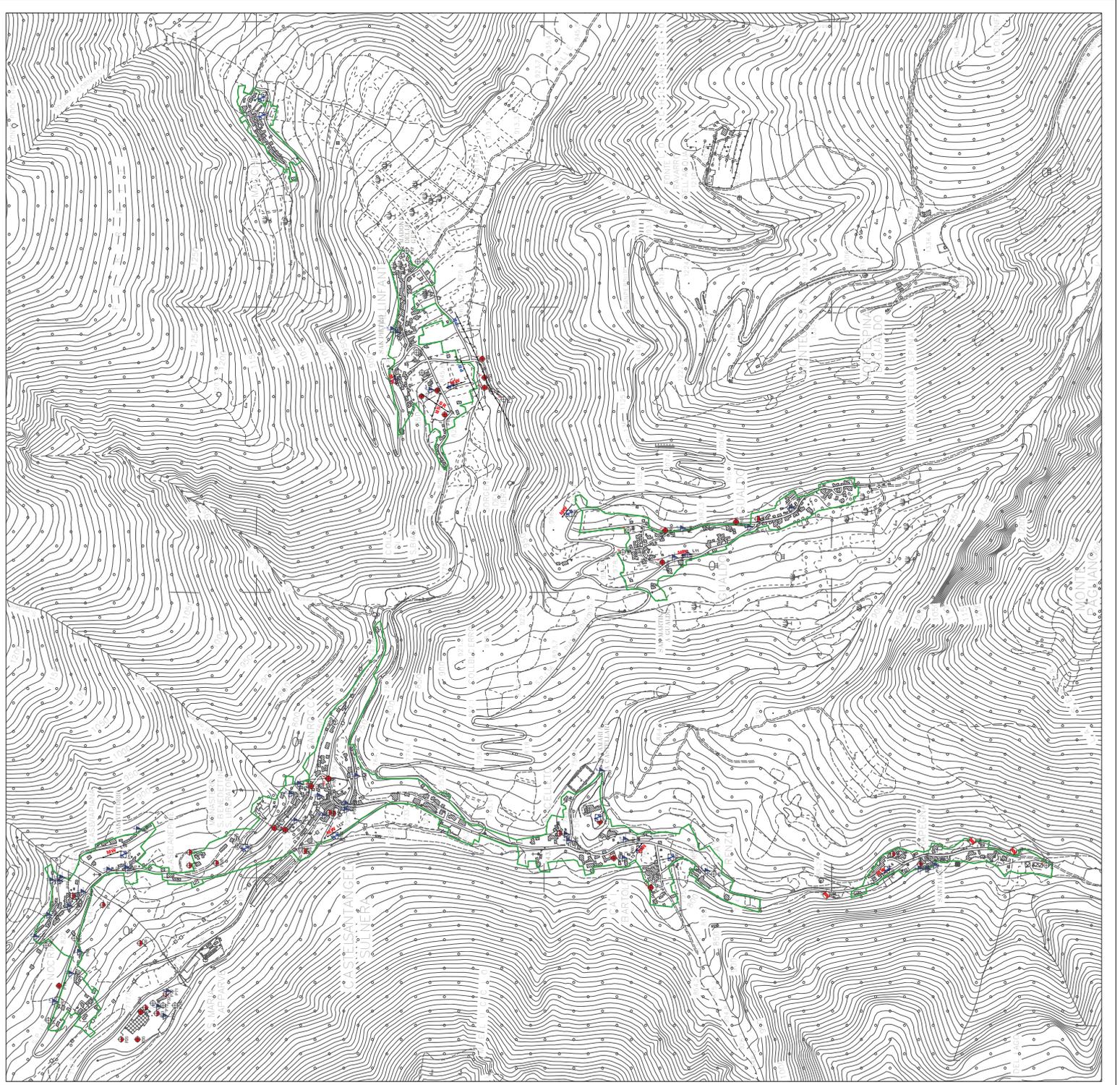
Gruppo di lavoro MS; (2008) - *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3° Vol. e DVD.

Gruppo di lavoro MS; (2015) - *Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*. Versione 4.0b.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Pierantoni P.P., Deiana G. e Galdenzi S. (2013) - *Stratigraphic and structural features of the Sibillini Mountains (Umbria–Marche Apennines, Italy)*. Italian Journal of Geosciences (Boll. Soc. Geol. It.) Vol 132, n° 3 pp 497-520 (Contiene: Geological map of the Sibillini Mountains).

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016) - *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>



REGIONE MARCHE

COMUNISSIMO STRADALE
RECOSTRUZIONE SISMICA - 2016

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Castelsantangelo sul Nera
ai sensi dell'Ordinanza n. 267 del 29/01/2008 e del Decreto n.267 registrato
al n. 15 del Registro n. 27 del 15/05/2017 al n. 1005

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle Indagini

scala 1:5.000

Regione Marche
Comune di Castelsantangelo sul Nera

DATA ELABORAZIONE
26/04/2018

DATA ELABORAZIONE
26/04/2018

DOSSIER ELABORAZIONE
Dot. Geol. Marcello Mascari
Dot. Geol. Alessandro Ottavini
Dot. Geol. Alfonso Busi

Collaboratori:
 AS-Ces
 Dot. Geol. Francesco Bassano
 Dot. Geol. Andrea Alessandrini

Legenda

Indagini lineari

- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Prova penetrometrica di campo pesante
- Stazione geomecánica
- Stazione microtremore e stazione sismica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio a distorsione di nucleo
- Sondaggio a carotaggio continuo che interessa il substrato
- Trincea o pozzo esplorativo
- Prova sismica in foro tipo Duvovskii

Indagini puntuali

- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Prova penetrometrica di campo pesante
- Stazione geomecánica
- Stazione microtremore e stazione sismica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio a distorsione di nucleo
- Sondaggio a carotaggio continuo che interessa il substrato
- Trincea o pozzo esplorativo
- Prova sismica in foro tipo Duvovskii

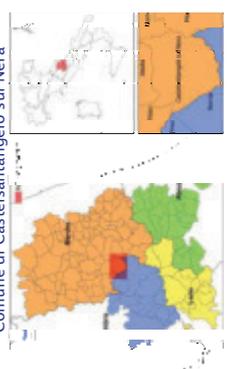
Qualità approssima

Linea microzonazione sismica (livello 3)

MICROZONAZIONE SISMICA
 Carta geologico-technica

Scala: 1:5.000

Regione Marche
 Comune di Castelsantangelo sul Nera



Sopporta collaborazione: Dott. Geol. Marcello Mascari Dott. Geol. Alessandro Orsini Dott. Geol. Alfonso Busi	Data di redazione: 26/04/2018 
---	---

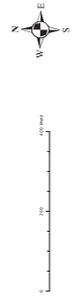
Collaboratori:
 ABC Geo
 Dott. Geol. Francesco Busi
 Dott. Geol. Andrea Antonietti

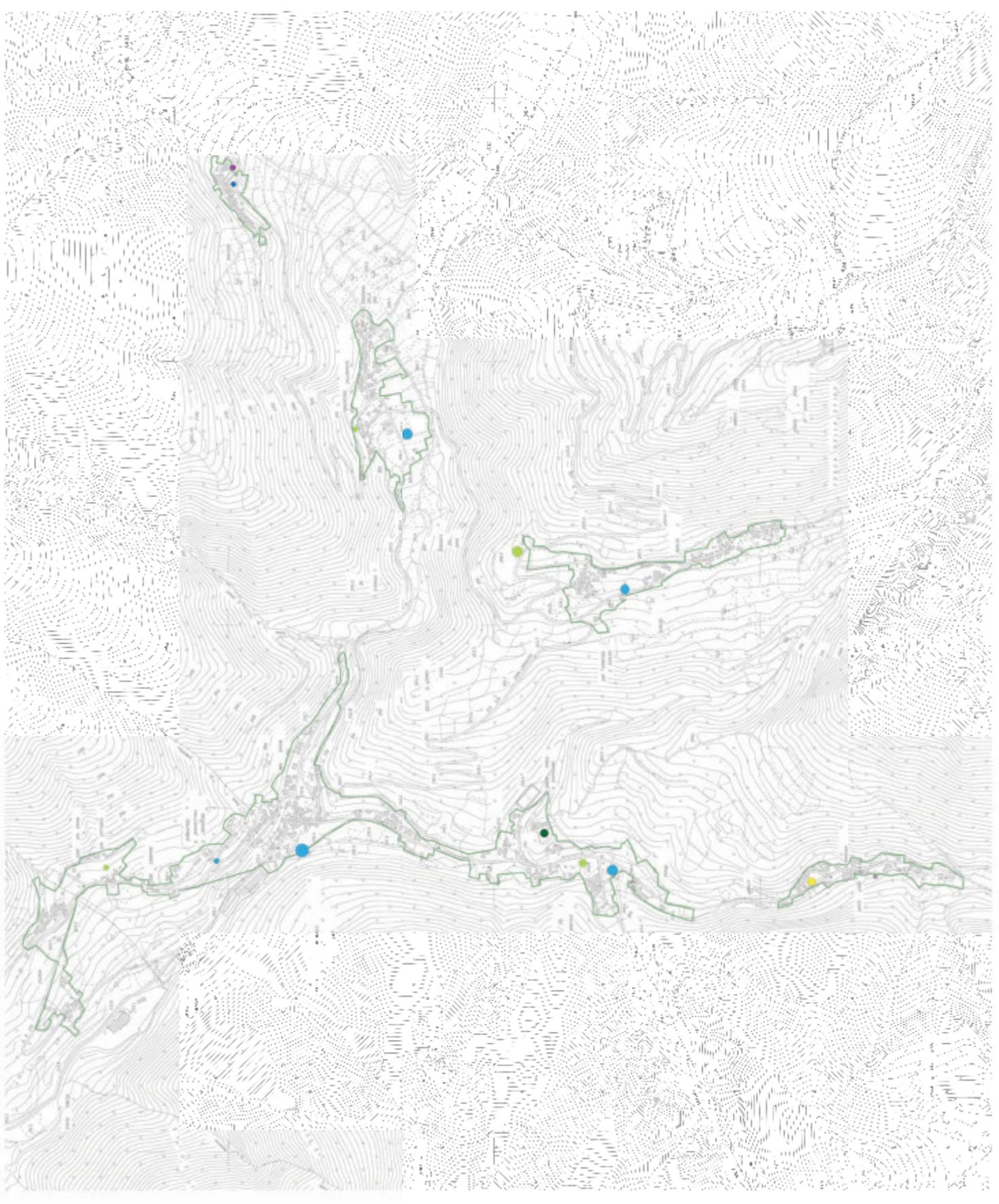
Legenda

- Substrato**
- Alterazione di litoci, stratificato
 - LPS
 - Lapino, stratificato
- Torreno di copertura**
- Clacca
 - Clacca impure, miscela di ghiaia, sabbia e limo
 - Concreta alluvionale
 - Concreta sabbia
 - Concreta argillosa
 - GH1a
 - GH1b
 - GH1c
 - GH1d
 - GH1e
 - GH1f
 - GH1g
 - GH1h
 - GH1i
 - GH1j
 - GH1k
 - GH1l
 - GH1m
 - GH1n
 - GH1o
 - GH1p
 - GH1q
 - GH1r
 - GH1s
 - GH1t
 - GH1u
 - GH1v
 - GH1w
 - GH1x
 - GH1y
 - GH1z
 - GH1aa
 - GH1ab
 - GH1ac
 - GH1ad
 - GH1ae
 - GH1af
 - GH1ag
 - GH1ah
 - GH1ai
 - GH1aj
 - GH1ak
 - GH1al
 - GH1am
 - GH1an
 - GH1ao
 - GH1ap
 - GH1aq
 - GH1ar
 - GH1as
 - GH1at
 - GH1au
 - GH1av
 - GH1aw
 - GH1ax
 - GH1ay
 - GH1az
 - GH1ba
 - GH1bb
 - GH1bc
 - GH1bd
 - GH1be
 - GH1bf
 - GH1bg
 - GH1bh
 - GH1bi
 - GH1bj
 - GH1bk
 - GH1bl
 - GH1bm
 - GH1bn
 - GH1bo
 - GH1bp
 - GH1bq
 - GH1br
 - GH1bs
 - GH1bt
 - GH1bu
 - GH1bv
 - GH1bw
 - GH1bx
 - GH1by
 - GH1bz
 - GH1ca
 - GH1cb
 - GH1cc
 - GH1cd
 - GH1ce
 - GH1cf
 - GH1cg
 - GH1ch
 - GH1ci
 - GH1cj
 - GH1ck
 - GH1cl
 - GH1cm
 - GH1cn
 - GH1co
 - GH1cp
 - GH1cq
 - GH1cr
 - GH1cs
 - GH1ct
 - GH1cu
 - GH1cv
 - GH1cw
 - GH1cx
 - GH1cy
 - GH1cz
 - GH1da
 - GH1db
 - GH1dc
 - GH1dd
 - GH1de
 - GH1df
 - GH1dg
 - GH1dh
 - GH1di
 - GH1dj
 - GH1dk
 - GH1dl
 - GH1dm
 - GH1dn
 - GH1do
 - GH1dp
 - GH1dq
 - GH1dr
 - GH1ds
 - GH1dt
 - GH1du
 - GH1dv
 - GH1dw
 - GH1dx
 - GH1dy
 - GH1dz
 - GH1ea
 - GH1eb
 - GH1ec
 - GH1ed
 - GH1ee
 - GH1ef
 - GH1eg
 - GH1eh
 - GH1ei
 - GH1ej
 - GH1ek
 - GH1el
 - GH1em
 - GH1en
 - GH1eo
 - GH1ep
 - GH1eq
 - GH1er
 - GH1es
 - GH1et
 - GH1eu
 - GH1ev
 - GH1ew
 - GH1ex
 - GH1ey
 - GH1ez
 - GH1fa
 - GH1fb
 - GH1fc
 - GH1fd
 - GH1fe
 - GH1ff
 - GH1fg
 - GH1fh
 - GH1fi
 - GH1fj
 - GH1fk
 - GH1fl
 - GH1fm
 - GH1fn
 - GH1fo
 - GH1fp
 - GH1fq
 - GH1fr
 - GH1fs
 - GH1ft
 - GH1fu
 - GH1fv
 - GH1fw
 - GH1fx
 - GH1fy
 - GH1fz
 - GH1ga
 - GH1gb
 - GH1gc
 - GH1gd
 - GH1ge
 - GH1gf
 - GH1gg
 - GH1gh
 - GH1gi
 - GH1gj
 - GH1gk
 - GH1gl
 - GH1gm
 - GH1gn
 - GH1go
 - GH1gp
 - GH1gq
 - GH1gr
 - GH1gs
 - GH1gt
 - GH1gu
 - GH1gv
 - GH1gw
 - GH1gx
 - GH1gy
 - GH1gz
 - GH1ha
 - GH1hb
 - GH1hc
 - GH1hd
 - GH1he
 - GH1hf
 - GH1hg
 - GH1hh
 - GH1hi
 - GH1hj
 - GH1hk
 - GH1hl
 - GH1hm
 - GH1hn
 - GH1ho
 - GH1hp
 - GH1hq
 - GH1hr
 - GH1hs
 - GH1ht
 - GH1hu
 - GH1hv
 - GH1hw
 - GH1hx
 - GH1hy
 - GH1hz
 - GH1ia
 - GH1ib
 - GH1ic
 - GH1id
 - GH1ie
 - GH1if
 - GH1ig
 - GH1ih
 - GH1ii
 - GH1ij
 - GH1ik
 - GH1il
 - GH1im
 - GH1in
 - GH1io
 - GH1ip
 - GH1iq
 - GH1ir
 - GH1is
 - GH1it
 - GH1iu
 - GH1iv
 - GH1iw
 - GH1ix
 - GH1iy
 - GH1iz
 - GH1ja
 - GH1jb
 - GH1jc
 - GH1jd
 - GH1je
 - GH1jf
 - GH1jg
 - GH1jh
 - GH1ji
 - GH1jj
 - GH1jk
 - GH1jl
 - GH1jm
 - GH1jn
 - GH1jo
 - GH1jp
 - GH1jq
 - GH1jr
 - GH1js
 - GH1jt
 - GH1ju
 - GH1jv
 - GH1jw
 - GH1jx
 - GH1jy
 - GH1jz
 - GH1ka
 - GH1kb
 - GH1kc
 - GH1kd
 - GH1ke
 - GH1kf
 - GH1kg
 - GH1kh
 - GH1ki
 - GH1kj
 - GH1kk
 - GH1kl
 - GH1km
 - GH1kn
 - GH1ko
 - GH1kp
 - GH1kq
 - GH1kr
 - GH1ks
 - GH1kt
 - GH1ku
 - GH1kv
 - GH1kw
 - GH1kx
 - GH1ky
 - GH1kz
 - GH1la
 - GH1lb
 - GH1lc
 - GH1ld
 - GH1le
 - GH1lf
 - GH1lg
 - GH1lh
 - GH1li
 - GH1lj
 - GH1lk
 - GH1ll
 - GH1lm
 - GH1ln
 - GH1lo
 - GH1lp
 - GH1lq
 - GH1lr
 - GH1ls
 - GH1lt
 - GH1lu
 - GH1lv
 - GH1lw
 - GH1lx
 - GH1ly
 - GH1lz
 - GH1ma
 - GH1mb
 - GH1mc
 - GH1md
 - GH1me
 - GH1mf
 - GH1mg
 - GH1mh
 - GH1mi
 - GH1mj
 - GH1mk
 - GH1ml
 - GH1mm
 - GH1mn
 - GH1mo
 - GH1mp
 - GH1mq
 - GH1mr
 - GH1ms
 - GH1mt
 - GH1mu
 - GH1mv
 - GH1mw
 - GH1mx
 - GH1my
 - GH1mz
 - GH1na
 - GH1nb
 - GH1nc
 - GH1nd
 - GH1ne
 - GH1nf
 - GH1ng
 - GH1nh
 - GH1ni
 - GH1nj
 - GH1nk
 - GH1nl
 - GH1nm
 - GH1nn
 - GH1no
 - GH1np
 - GH1nq
 - GH1nr
 - GH1ns
 - GH1nt
 - GH1nu
 - GH1nv
 - GH1nw
 - GH1nx
 - GH1ny
 - GH1nz
 - GH1oa
 - GH1ob
 - GH1oc
 - GH1od
 - GH1oe
 - GH1of
 - GH1og
 - GH1oh
 - GH1oi
 - GH1oj
 - GH1ok
 - GH1ol
 - GH1om
 - GH1on
 - GH1oo
 - GH1op
 - GH1oq
 - GH1or
 - GH1os
 - GH1ot
 - GH1ou
 - GH1ov
 - GH1ow
 - GH1ox
 - GH1oy
 - GH1oz
 - GH1pa
 - GH1pb
 - GH1pc
 - GH1pd
 - GH1pe
 - GH1pf
 - GH1pg
 - GH1ph
 - GH1pi
 - GH1pj
 - GH1pk
 - GH1pl
 - GH1pm
 - GH1pn
 - GH1po
 - GH1pp
 - GH1pq
 - GH1pr
 - GH1ps
 - GH1pt
 - GH1pu
 - GH1pv
 - GH1pw
 - GH1px
 - GH1py
 - GH1pz
 - GH1qa
 - GH1qb
 - GH1qc
 - GH1qd
 - GH1qe
 - GH1qf
 - GH1qg
 - GH1qh
 - GH1qi
 - GH1qj
 - GH1qk
 - GH1ql
 - GH1qm
 - GH1qn
 - GH1qo
 - GH1qp
 - GH1qq
 - GH1qr
 - GH1qs
 - GH1qt
 - GH1qu
 - GH1qv
 - GH1qw
 - GH1qx
 - GH1qy
 - GH1qz
 - GH1ra
 - GH1rb
 - GH1rc
 - GH1rd
 - GH1re
 - GH1rf
 - GH1rg
 - GH1rh
 - GH1ri
 - GH1rj
 - GH1rk
 - GH1rl
 - GH1rm
 - GH1rn
 - GH1ro
 - GH1rp
 - GH1rq
 - GH1rr
 - GH1rs
 - GH1rt
 - GH1ru
 - GH1rv
 - GH1rw
 - GH1rx
 - GH1ry
 - GH1rz
 - GH1sa
 - GH1sb
 - GH1sc
 - GH1sd
 - GH1se
 - GH1sf
 - GH1sg
 - GH1sh
 - GH1si
 - GH1sj
 - GH1sk
 - GH1sl
 - GH1sm
 - GH1sn
 - GH1so
 - GH1sp
 - GH1sq
 - GH1sr
 - GH1ss
 - GH1st
 - GH1su
 - GH1sv
 - GH1sw
 - GH1sx
 - GH1sy
 - GH1sz
 - GH1ta
 - GH1tb
 - GH1tc
 - GH1td
 - GH1te
 - GH1tf
 - GH1tg
 - GH1th
 - GH1ti
 - GH1tj
 - GH1tk
 - GH1tl
 - GH1tm
 - GH1tn
 - GH1to
 - GH1tp
 - GH1tq
 - GH1tr
 - GH1ts
 - GH1tt
 - GH1tu
 - GH1tv
 - GH1tw
 - GH1tx
 - GH1ty
 - GH1tz
 - GH1ua
 - GH1ub
 - GH1uc
 - GH1ud
 - GH1ue
 - GH1uf
 - GH1ug
 - GH1uh
 - GH1ui
 - GH1uj
 - GH1uk
 - GH1ul
 - GH1um
 - GH1un
 - GH1uo
 - GH1up
 - GH1uq
 - GH1ur
 - GH1us
 - GH1ut
 - GH1uu
 - GH1uv
 - GH1uw
 - GH1ux
 - GH1uy
 - GH1uz
 - GH1va
 - GH1vb
 - GH1vc
 - GH1vd
 - GH1ve
 - GH1vf
 - GH1vg
 - GH1vh
 - GH1vi
 - GH1vj
 - GH1vk
 - GH1vl
 - GH1vm
 - GH1vn
 - GH1vo
 - GH1vp
 - GH1vq
 - GH1vr
 - GH1vs
 - GH1vt
 - GH1vu
 - GH1vv
 - GH1vw
 - GH1vx
 - GH1vy
 - GH1vz
 - GH1wa
 - GH1wb
 - GH1wc
 - GH1wd
 - GH1we
 - GH1wf
 - GH1wg
 - GH1wh
 - GH1wi
 - GH1wj
 - GH1wk
 - GH1wl
 - GH1wm
 - GH1wn
 - GH1wo
 - GH1wp
 - GH1wq
 - GH1wr
 - GH1ws
 - GH1wt
 - GH1wu
 - GH1wv
 - GH1ww
 - GH1wx
 - GH1wy
 - GH1wz
 - GH1xa
 - GH1xb
 - GH1xc
 - GH1xd
 - GH1xe
 - GH1xf
 - GH1xg
 - GH1xh
 - GH1xi
 - GH1xj
 - GH1xk
 - GH1xl
 - GH1xm
 - GH1xn
 - GH1xo
 - GH1xp
 - GH1xq
 - GH1xr
 - GH1xs
 - GH1xt
 - GH1xu
 - GH1xv
 - GH1xw
 - GH1xx
 - GH1xy
 - GH1xz
 - GH1ya
 - GH1yb
 - GH1yc
 - GH1yd
 - GH1ye
 - GH1yf
 - GH1yg
 - GH1yh
 - GH1yi
 - GH1yj
 - GH1yk
 - GH1yl
 - GH1ym
 - GH1yn
 - GH1yo
 - GH1yp
 - GH1yq
 - GH1yr
 - GH1ys
 - GH1yt
 - GH1yu
 - GH1yv
 - GH1yw
 - GH1yx
 - GH1yy
 - GH1yz
 - GH1za
 - GH1zb
 - GH1zc
 - GH1zd
 - GH1ze
 - GH1zf
 - GH1zg
 - GH1zh
 - GH1zi
 - GH1zj
 - GH1zk
 - GH1zl
 - GH1zm
 - GH1zn
 - GH1zo
 - GH1zp
 - GH1zq
 - GH1zr
 - GH1zs
 - GH1zt
 - GH1zu
 - GH1zv
 - GH1zw
 - GH1zx
 - GH1zy
 - GH1zz
- Forme di superficie e sepolte**
- Concreta alluvionale
 - Paola detritica
- Inabitabilità di versante**
- Colata attiva
 - Colata, quasi-attiva
 - Complessa, quasi-attiva
 - Non definita, quasi-attiva
- Elementi geologici e idrogeologici**
- Sonaggio che non ha raggiunto il substrato geologico
 - Sonaggio che ha raggiunto il substrato geologico
 - Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo



Linee con microzonazione sismica a livello 3





Legenda

Frequenza f (Hz)

Non zona	8.1-8.5
8.6-8.9	9.0-9.4
9.5-9.9	10.0-10.4
10.5-10.9	11.0-11.4
11.5-11.9	12.0-12.4
12.5-12.9	13.0-13.4
13.5-13.9	14.0-14.4
14.5-14.9	15.0-15.4
15.5-15.9	16.0-16.4
16.5-16.9	17.0-17.4
17.5-17.9	18.0-18.4
18.5-18.9	19.0-19.4
19.5-19.9	20.0-20.4
20.5-20.9	21.0-21.4
21.5-21.9	22.0-22.4
22.5-22.9	23.0-23.4
23.5-23.9	24.0-24.4
24.5-24.9	25.0-25.4
25.5-25.9	26.0-26.4
26.5-26.9	27.0-27.4
27.5-27.9	28.0-28.4
28.5-28.9	29.0-29.4
29.5-29.9	30.0-30.4
30.5-30.9	31.0-31.4
31.5-31.9	32.0-32.4
32.5-32.9	33.0-33.4
33.5-33.9	34.0-34.4
34.5-34.9	35.0-35.4
35.5-35.9	36.0-36.4
36.5-36.9	37.0-37.4
37.5-37.9	38.0-38.4
38.5-38.9	39.0-39.4
39.5-39.9	40.0-40.4
40.5-40.9	41.0-41.4
41.5-41.9	42.0-42.4
42.5-42.9	43.0-43.4
43.5-43.9	44.0-44.4
44.5-44.9	45.0-45.4
45.5-45.9	46.0-46.4
46.5-46.9	47.0-47.4
47.5-47.9	48.0-48.4
48.5-48.9	49.0-49.4
49.5-49.9	50.0-50.4
50.5-50.9	51.0-51.4
51.5-51.9	52.0-52.4
52.5-52.9	53.0-53.4
53.5-53.9	54.0-54.4
54.5-54.9	55.0-55.4
55.5-55.9	56.0-56.4
56.5-56.9	57.0-57.4
57.5-57.9	58.0-58.4
58.5-58.9	59.0-59.4
59.5-59.9	60.0-60.4
60.5-60.9	61.0-61.4
61.5-61.9	62.0-62.4
62.5-62.9	63.0-63.4
63.5-63.9	64.0-64.4
64.5-64.9	65.0-65.4
65.5-65.9	66.0-66.4
66.5-66.9	67.0-67.4
67.5-67.9	68.0-68.4
68.5-68.9	69.0-69.4
69.5-69.9	70.0-70.4
70.5-70.9	71.0-71.4
71.5-71.9	72.0-72.4
72.5-72.9	73.0-73.4
73.5-73.9	74.0-74.4
74.5-74.9	75.0-75.4
75.5-75.9	76.0-76.4
76.5-76.9	77.0-77.4
77.5-77.9	78.0-78.4
78.5-78.9	79.0-79.4
79.5-79.9	80.0-80.4
80.5-80.9	81.0-81.4
81.5-81.9	82.0-82.4
82.5-82.9	83.0-83.4
83.5-83.9	84.0-84.4
84.5-84.9	85.0-85.4
85.5-85.9	86.0-86.4
86.5-86.9	87.0-87.4
87.5-87.9	88.0-88.4
88.5-88.9	89.0-89.4
89.5-89.9	90.0-90.4
90.5-90.9	91.0-91.4
91.5-91.9	92.0-92.4
92.5-92.9	93.0-93.4
93.5-93.9	94.0-94.4
94.5-94.9	95.0-95.4
95.5-95.9	96.0-96.4
96.5-96.9	97.0-97.4
97.5-97.9	98.0-98.4
98.5-98.9	99.0-99.4
99.5-99.9	100.0-100.4

Amplificazioni

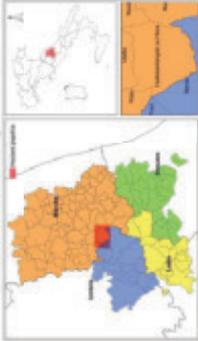
A < 2	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------



MICROZONAZIONE SISMICA
 Carta di microzonazione sismica
 FA01055

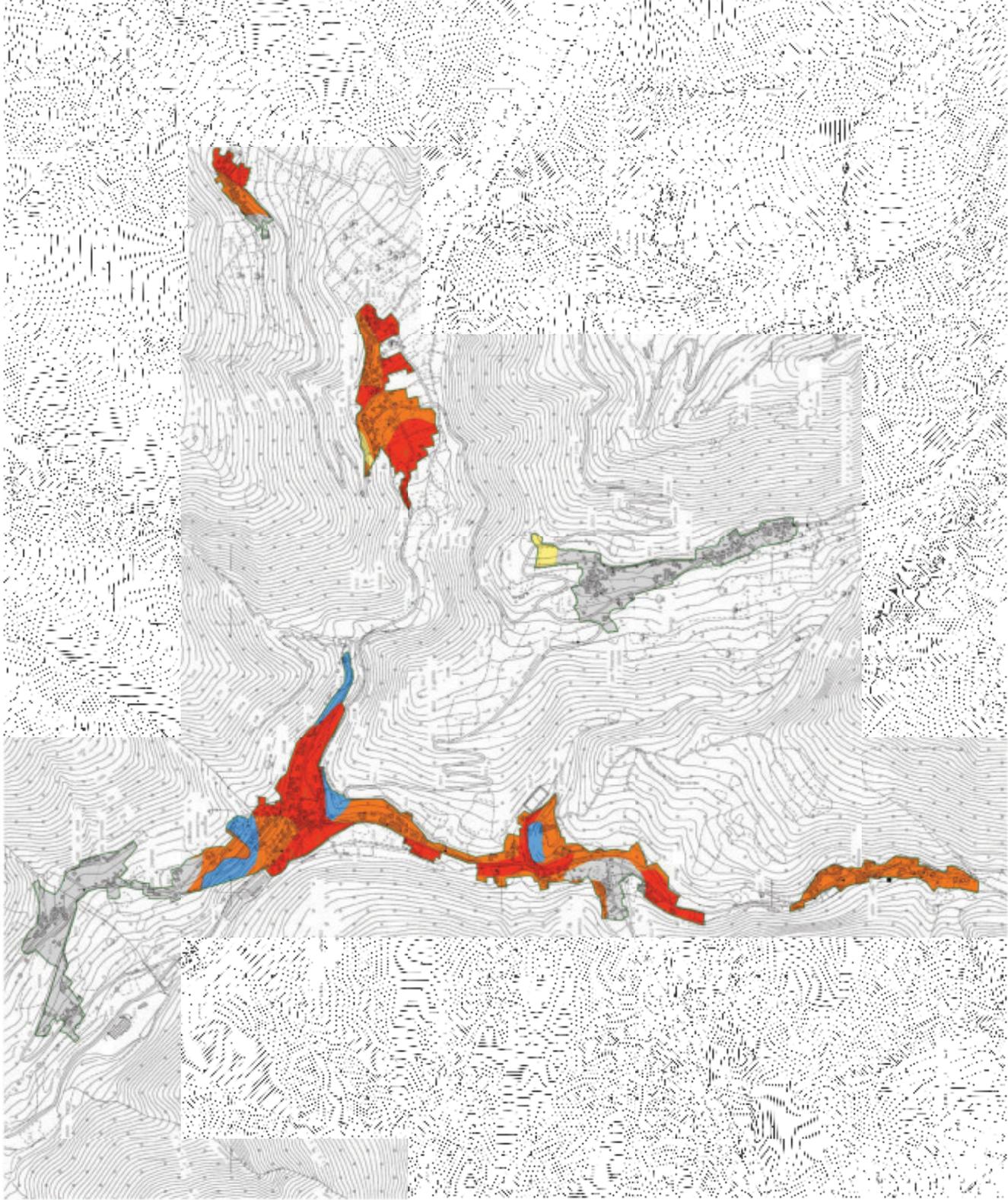
Scala: 1:10.000

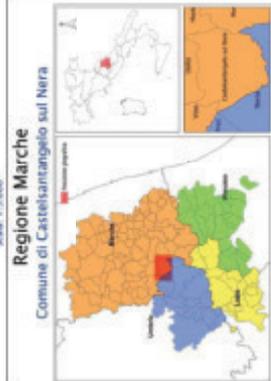
Regione Marche
 Comune di Castelsantangelo sul Nera



Legenda

- 1.00 - Zona a elevata suscettibilità sismica
- 1.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 2.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 2.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 3.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 3.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 4.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 4.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 5.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 5.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 6.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 6.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 7.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 7.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 8.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 8.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 9.00 - Zona a suscettibilità sismica
- 9.50 - Zona a suscettibilità sismica
- 10.00 - Zona a suscettibilità sismica





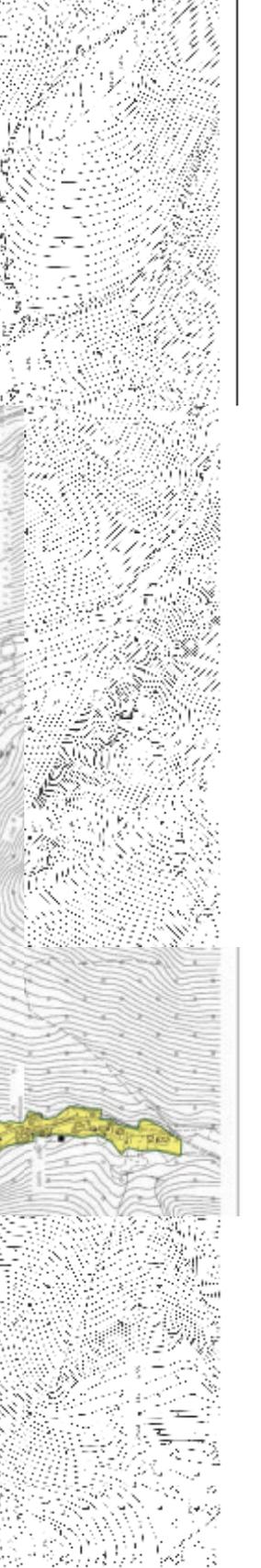
Legenda

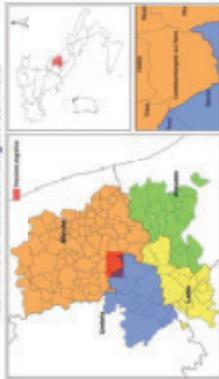
[Grey]	Area di studio (comune di Castelfantangelo sul Nera)
[Blue]	Zone sismiche di classe I
[Yellow]	Zone sismiche di classe II
[Orange]	Zone sismiche di classe III
[Red]	Zone sismiche di classe IV
[Purple]	Zone sismiche di classe V
[Dark Purple]	Zone sismiche di classe VI
[Black]	Zone sismiche di classe VII
[Dark Blue]	Zone sismiche di classe VIII
[Dark Green]	Zone sismiche di classe IX
[Light Green]	Zone sismiche di classe X
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XI
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XII
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XIII
[Light Green]	Zone sismiche di classe XIV
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XV
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XVI
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XVII
[Light Green]	Zone sismiche di classe XVIII
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XIX
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XX
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XXI
[Light Green]	Zone sismiche di classe XXII
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XXIII
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XXIV
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XXV
[Light Green]	Zone sismiche di classe XXVI
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XXVII
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XXVIII
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XXIX
[Light Green]	Zone sismiche di classe XXX
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XXXI
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XXXII
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XXXIII
[Light Green]	Zone sismiche di classe XXXIV
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XXXV
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XXXVI
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XXXVII
[Light Green]	Zone sismiche di classe XXXVIII
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XXXIX
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XL
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XLI
[Light Green]	Zone sismiche di classe XLII
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XLIII
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XLIV
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XLV
[Light Green]	Zone sismiche di classe XLVI
[Light Blue]	Zone sismiche di classe XLVII
[Light Orange]	Zone sismiche di classe XLVIII
[Light Yellow]	Zone sismiche di classe XLIX
[Light Green]	Zone sismiche di classe L

Scale: 1:5.000



Autore: Ing. Roberto Biondi
 Data: 10/2011





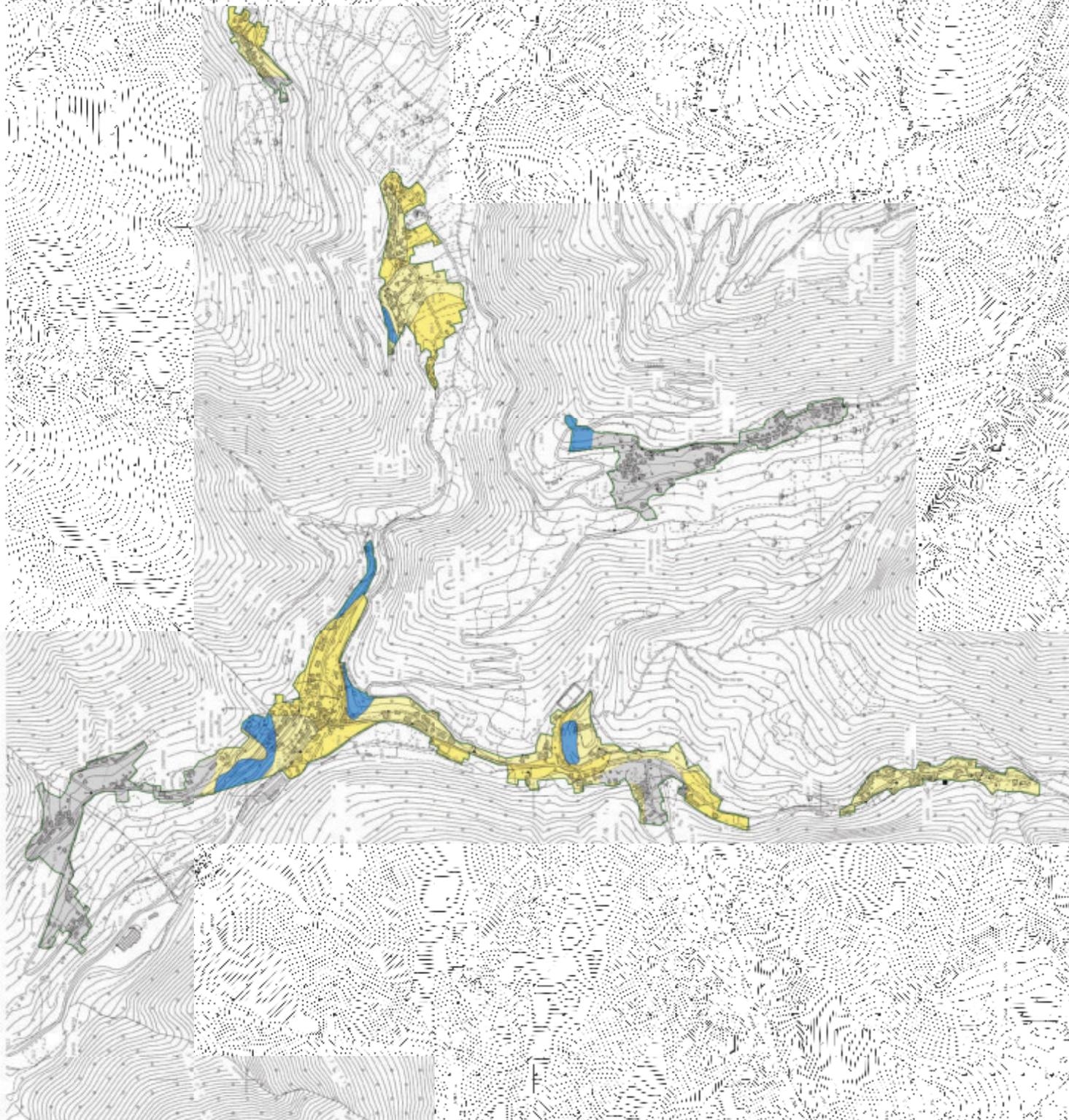
Progetto ed elaborazione:
Dott. Carlo Marretti Toscani
Dott. Carlo Marretti Toscani
Dott. Carlo Marretti Toscani

Scale: 1:5.000

CartaGIS
SISTEMA INFORMATICO PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO

Legenda

- 1.0 - 1.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 1.5 - 2.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 2.0 - 2.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 2.5 - 3.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 3.0 - 3.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 3.5 - 4.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 4.0 - 4.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 4.5 - 5.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 5.0 - 5.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 5.5 - 6.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 6.0 - 6.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 6.5 - 7.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 7.0 - 7.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 7.5 - 8.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 8.0 - 8.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 8.5 - 9.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 9.0 - 9.5 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica
- 9.5 - 10.0 m/s² - Area di altissima pericolosità sismica





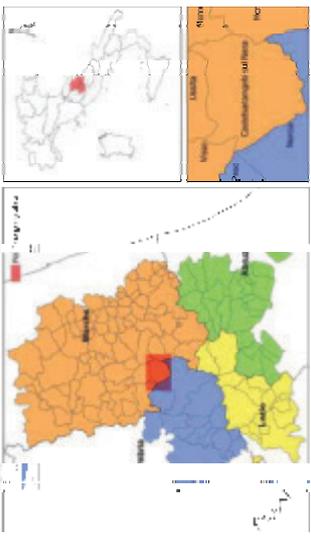
**COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Castelsantangelo sul Nera
ai sensi dell'Ordinanza del Consiglio di Stato n. 3200 del 20/05/2014 (G.U. n. 106)
Il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA Sezioni geologiche

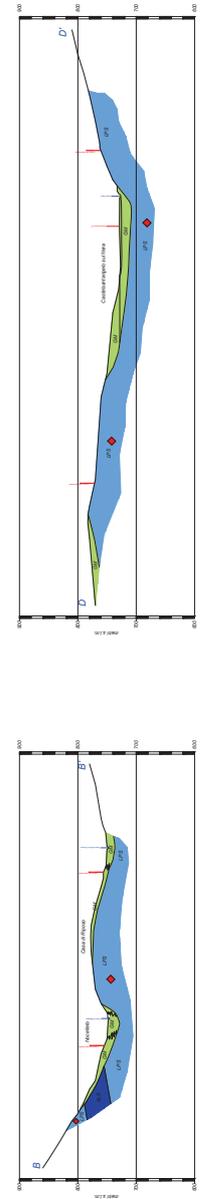
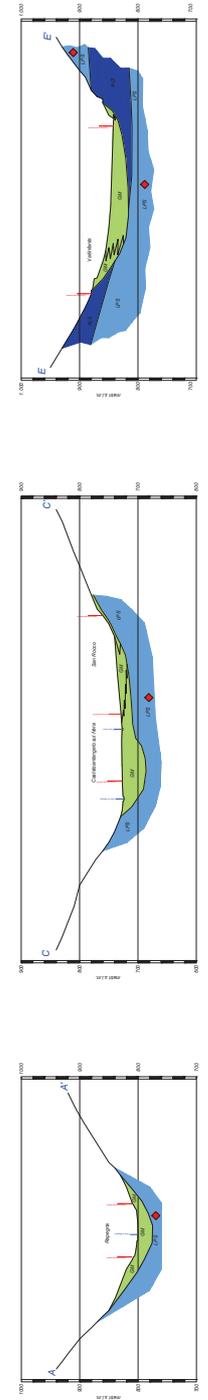
scala 1:5.000

Regione Marche
Comune di Castelsantangelo sul Nera



<p>Soggetto realizzatore Dott. Geol. Marcello Maccari Dott. Geol. Alessandro Orsati Dott. Geol. Alfonso Russi</p>	<p>Data e revisione 30/11/2017 - Rev.1</p>
---	--

SEZIONI GEOLOGICHE Scala 1:5.000



Collaboratori:
AB-Geo
Dott. Geol. Francesco Bassano
Dott. Geol. Andrea Alessandrini

◆ Substrato Sismico



Presidenza del Consiglio dei Ministri

II COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO AI FINI DELLA
RICOSTRUZIONE NEI TERRITORI INTERESSATI DAGLI EVENTI SISMICI
VERIFICATISI A FAR DATA DAL 24 AGOSTO 2016

**Oggetto: Verifica di conformità finale dello studio di microzonazione sismica di livello 3 del
Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA – Ordinanza 24 / 2017.**

In riferimento all'Ordinanza del Commissario del Governo per la ricostruzione nei territori interessati dal sisma del 2016 n. 24 del 12 maggio 2017, a seguito della riunione del Gruppo di lavoro costituito ex art. 2 comma 2 dell'Ordinanza in oggetto, tenutasi in data 29 maggio 2018, alle ore 15,30, presso la Sala 2063 di Largo Chigi, 19 in Roma;

Vista l'Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 con la quale sono stati assegnati dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici del 2016;

Visto il decreto n. 12 del 19 luglio 2017 con il quale il Commissario straordinario ha nominato i componenti del Gruppo di lavoro, individuando nell'Ing. Luciano Tortoioli il coordinatore, con il compito di convocare periodicamente le sedute per valutare e controllare lo stato di avanzamento degli studi, nonché per effettuare la verifica di conformità finale dei piani, prima della loro consegna alle Regioni, ex art. 2 comma 3 dell'Ordinanza 24/2017;

Considerato che l'Ordinanza di cui all'oggetto, all'art. 4, distingue gli Enti interessati in tre gruppi e il Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA rientra tra quelli che dovevano affidare l'incarico per la redazione dello studio di microzonazione sismica di III livello, ovvero secondo il disciplinare di tipo "b";

Visto l'allegato 3 dell'Ordinanza 24, così come da ultimo modificato dall'Ordinanza n. 29 del 9 giugno 2017, nel quale viene assegnato al Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA un contributo di € 22.500,00 per la copertura del costo del suddetto incarico;

Vista la comunicazione acquisita al nostro protocollo n. 16.445 del 06/07/2017, con la quale il Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA ha trasmesso la Determina di incarico n. 19 del 15 giugno 2017, il disciplinare di incarico corrispondente a quello di tipo "b" e il contratto sottoscritto con i seguenti professionisti: il Dottor Geologo Marcello Maccari, il Dottor Geologo Alfonso Russi ed il Dottor Geologo Alessandro Onorati;

Preso atto che con mandato n. 250135 del 9 agosto 2017 è stato liquidato l'acconto del 40% del contributo, così come previsto dall'art. 6 dell'Ordinanza n. 24, comma 1, lettera a);

Visto l'esito positivo dell'istruttoria acquisita al protocollo n. 7239/2018 e predisposta dal Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS), nella quale viene dato parere favorevole all'approvazione dello studio di microzonazione sismica del Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA da parte del Gruppo di lavoro.



Presidenza del Consiglio dei Ministri

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO AI FINI DELLA
RICOSTRUZIONE NEI TERRITORI INTERESSATI DAGLI EVENTI SISMICI
VERIFICATISI A FAR DATA DAL 24 AGOSTO 2015

SI DICHIARA

1. che il Gruppo di lavoro costituito ai sensi dell'Ordinanza n. 24 ha ritenuto, nella seduta del 29.05.2018, che lo studio di microzonazione sismica presentato dai professionisti incaricati dal Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA sia regolare e completo, nonché conforme e corrispondente alle modalità stabilite nel documento di indirizzo di cui al comma 1 dell'art. 1 dell'Ordinanza 24 e agli standard definiti dalla Commissione tecnica istituita ai sensi dell'articolo 5, comma 7, dell'ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 3907 del 13 novembre 2010 e che possa essere trasmesso alla Regione Marche per gli atti di competenza;
2. che dalla data odierna e per un periodo di 12 mesi, il CentroMS si impegna a conservare lo studio di microzonazione sismica del Comune di CASTEL SANT'ANGELO SUL NERA che sarà disponibile per il download attraverso il sito FTP realizzato dal CentroMS e nelle disponibilità del Comune, utilizzando le credenziali già in possesso dall'Ente interessato;
3. che gli studi di microzonazione sismica approvati dal Gruppo di lavoro saranno inviati dalla struttura tecnica del Commissario ai Comuni, su supporto digitale (DVD).

Il Coordinatore del Gruppo di Lavoro
(Ing. Luciano Tortoioli)