

4.2 STUDIO DI DETTAGLIO FINALIZZATO ALL'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE A POSSIBILI EFFETTI LOCALI SUL COMUNE DI PETTORANELLO (IS)

G. Di Capua, S. Peppoloni

Lo studio di dettaglio dei siti su cui sono edificate le chiese ubicate nel comune di Pettoranello del Molise (IS), si è articolato secondo quattro fasi distinte. Nella prima fase si sono acquisiti tutti i dati disponibili sull'area da esaminare: cartografia tecnica regionale in scala 1:5.000, in formato digitale; ricerca bibliografica delle pubblicazioni scientifiche; relazione tecnica depositata presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Pettoranello. Tali informazioni acquisite sono state reinterpretate in modo organico, cercando di correggere le eventuali incongruenze tra dati di diversa provenienza. Nella seconda fase è stato effettuato il rilievo da foto aerea di tutti i processi morfogenetici presenti nell'area, con particolare riguardo ai fenomeni franosi. Sopralluoghi successivi hanno permesso un'ulteriore verifica degli elementi osservati e la loro documentazione fotografica. Il geologo locale ha provveduto al rilevamento delle caratteristiche dei siti, compilando la scheda. Nella terza fase del lavoro tutti i dati rilevati sono stati digitalizzati, georeferenziati e inseriti in un GIS. Infine, sulla base di quanto osservato, si è effettuata una valutazione qualitativa dei possibili effetti di amplificazione locale delle onde sismiche. Le diverse condizioni rilevate sono state confrontate con le situazioni "tipo", riportate in letteratura (Faccioli, 1986; Marcellini & Tiberi, 1999).

4.2.1 - Aspetto morfologico d'insieme

Pettoranello del Molise (I.G.M - Tavoletta SW -S.Agapito Quadrante I - Foglio 161 - Isernia). Il centro abitato occupa la sommità di uno dei rilievi che costituiscono il sistema montuoso dell'Appennino Molisano-Sannitico. Il rilievo raggiunge le quote più elevate (730 m s.l.m.) in corrispondenza del centro abitato e quelle più basse (520 m s.l.m.) in prossimità della Piana Pantaniello, a NE del paese. Ha una forma allungata in direzione NW-SE e un profilo dissimmetrico, caratteristico dei rilievi monoclinali, digradando verso NW con pendenze piuttosto blande, verso SE, NE e SW con maggiore acclività. L'aspetto orografico, nell'insieme collinare, si presenta piuttosto articolato e direttamente influenzato dalle locali condizioni litologiche e strutturali. La diversa risposta meccanica dei litotipi affioranti e, subordinatamente, le variazioni della giacitura e l'attività degli elementi tettonici, hanno condizionato lo sviluppo e il modellamento dei versanti, favorendo processi erosivi di tipo selettivo determinando in generale morfologie più dolci in corrispondenza dei litotipi più teneri e più aspre in presenza dei litotipi più competenti. Lungo alcuni versanti impostati su litotipi teneri si può tuttavia riscontrare un'acclività piuttosto pronunciata per l'intercalazione, nella sequenza stratigrafica, di strati a maggior competenza, le cui testate emergono lungo il pendio. Degli eventi tettonici rimane traccia significativa soltanto nei terreni più resistenti, che vanno a costituire scarpate più o meno aspre; su queste agisce, quale agente morfogenetico principale, la gravità. La plasticità dei terreni più teneri maschera, viceversa, gli elementi strutturali, rendendone difficile l'individuazione. Le caratteristiche strutturali hanno, infine, condizionato l'impostazione e lo sviluppo dell'idrografia superficiale: le aste drenanti più importanti sono allineate lungo le direttrici tettoniche principali.

4.2.2 - Caratteristiche geologiche e strutturali

Nell'area affiorano alcune delle formazioni appartenenti alla Serie Molisana, di ambiente pelagico e di transizione alla piattaforma carbonatica, e alcuni depositi recenti continentali (De Corso et al., 1998). I terreni sono stati raggruppati in quattro principali tipi litologici; la loro distribuzione è indicata nella Carta geomorfologica.

- **FORMAZIONI LITOIDI:** calcari, calcari marnosi, calcareniti, marne calcaree e breccie poligeniche a cemento calcareo (Formazione di Monaci Auct. e Formazione di Macchiagodena Auct.), riferibili all'Eocene, all'Oligocene ed al Miocene inferiore. Costituiscono la parte sommitale del rilievo su cui sorge il centro abitato, raccordandosi con i litotipi sottostanti attraverso scarpate più o meno aspre.
- **FORMAZIONI TERRIGENE:** arenarie marnose, arenarie argillose e argille sabbiose alternate a calcari marnosi stratificati e fratturati (Formazione di Longano Auct.), del Miocene medio. Affiorano ampiamente lungo tutti i versanti che bordano l'abitato, fino alla Piana Pantaniello, dando luogo a morfologie a maggiore o minore acclività in relazione alla giacitura (versanti a reggipoggio o a franapoggio) e/o agli spessori di materiale più competente intercalato tra gli strati.
- **DEPOSITI LACUSTRI:** argille limose con sabbia. Rappresentano il riempimento della conca intermontana, originatasi nell'Olocene alle pendici del versante nord-orientale del rilievo. La conca è attualmente

attraversata dal Fiume Carpino e indicata con il toponimo “Piana Pantaniello”.

- **DETRITI DI FALDA:** di età olocenica. Si presentano cementati e/o mediamente cementati. Oltre a ricoprire una modesta area a SE dell’abitato, dove è ubicato il cimitero comunale, affiorano con continuità lungo l’ampio versante sud-occidentale, estendendosi in particolare lungo le pendici immediatamente a SW del paese, dando luogo ad una pressoché continua falda detritica.

Nella Carta della distribuzione del bedrock e della copertura lo schema litologico dell’area è stato ulteriormente semplificato sulla base dei valori dei parametri geotecnici e geofisici (vedi paragrafo 4.2.4), distinguendo un substrato rigido (bedrock) da una copertura. Oltre ai depositi lacustri e al detrito di falda, sono stati considerati terreni di copertura anche le formazioni terrigene, che nei sondaggi, per i primi 4-5 metri di spessore, si rinvenivano alterate in una sabbia limoso-argillosa, caratterizzata da valori molto bassi della velocità delle onde trasversali. Strutturalmente, si riconoscono nell’area due principali elementi tettonici: si tratta di faglie normali, ad andamento all’incirca meridiano, fortemente immergenti a Est. Il regime distensivo che le ha prodotte ha ribassato il settore sud-orientale del rilievo rispetto a quello nord-occidentale, su cui è ubicato il centro abitato. E’ stata, infine, ipotizzata la presenza di un disturbo tettonico a NE del paese, sulla base di aspetti morfologici e stratigrafici.

4.2.3 - Forme e processi morfogenetici principali

I morfotipi individuati e riportati nella Carta geomorfologica hanno un’origine sostanzialmente connessa all’azione della gravità, differenziandosi in relazione alla minore o maggiore competenza dei litotipi presenti. Il nucleo del centro abitato, impostato su formazioni litoidi, è delimitato da scarpate, diverse fra loro per altezza, lunghezza e stadio di evoluzione morfologica: allo stato attuale, la maggior parte di esse non risulta interessata da caduta di detrito. La scarpata che borda il paese a SW, indicata come “forma inattiva”, è caratterizzata da una fitta copertura boschiva. Sotto l’orlo della scarpata è presente un’ampia falda detritica, che si prolunga anche a NW, ricoprendo l’intero versante destro del torrente posto alle pendici del rilievo; quest’ultimo mostra a tratti le caratteristiche di un fosso di erosione concentrata. Le scarpate che delimitano l’abitato a E e a NE sono state considerate “forme attive” per i segni di dissesto strutturale degli edifici che su esse insistono e per i recenti, anche se limitati, episodi di distacco che le hanno interessate, confermati da segnalazioni in loco. Sul versante nord-orientale, che raccorda il paese alla Piana Pantaniello, sono presenti alcune paleofrane, delle quali sono chiaramente visibili in foto aerea le nicchie di distacco a ridosso dell’abitato. La loro zona di accumulo, non facile da delimitare a causa della fitta vegetazione che ricopre il versante, si estende fino al bordo della piana, sovrapponendosi in parte ai sedimenti lacustri. Nel complesso queste forme non mostrano segni di attività recente, anche se vanno segnalate alcune fratture di trazione lungo il viadotto della Strada Statale, non necessariamente connesse a questi processi, e qualche irregolarità morfologica quasi certamente di più recente formazione. Lungo il versante che, a partire dall’abitato, digrada con debole acclività verso NW, sono stati rilevati fenomeni di modesta entità: si tratta per lo più di deformazioni superficiali lente del terreno (tipo soliflusso) o di piccoli colamenti, che danno luogo ad una serie di irregolarità topografiche come dossi, ondulazioni, lobi e terrazzette. La modesta inclinazione del pendio influisce sulla velocità e sull’evoluzione di questi movimenti. Va segnalata, inoltre, la presenza di numerose fratture di trazione lungo la strada comunale che dal paese scende verso NW: nella maggior parte dei casi esse sono da imputare a piccoli fenomeni franosi tipo “colamento”, che non mostrano particolari evidenze di attività. La delimitazione di queste forme non risulta agevole a causa dell’intenso sfruttamento agricolo dell’area, che ha mascherato le nicchie di distacco e modellato le zone di accumulo del materiale mobilizzato, eliminando ogni ulteriore elemento di individuazione. L’unico fenomeno franoso attivo da segnalare e del quale si è avuta conferma presso l’Ufficio Tecnico del Comune di Pettoranello, è ubicato a E della Borgata Fonte S. Angelo, sempre sul versante nord-occidentale del rilievo: gli interventi di consolidamento realizzati (muri di contenimento) non sono stati risolutivi e il fenomeno è attualmente in evoluzione, anche se non investe abitazioni o costruzioni di altro tipo.

4.2.4 - Caratterizzazione geofisica e geotecnica dei terreni in studio

Tutte le informazioni di carattere geofisico e geotecnico riportate nel presente studio sono state reperite presso l’Ufficio Tecnico del Comune di Pettoranello del Molise e sono relative ai seguenti documenti:

- Variante Generale al Programma di Fabbricazione: indagini in sito ed in laboratorio per la caratterizzazione dei terreni di alcune località del comune di Pettoranello del Molise (P.F., 1992).
- Indagini in sito ed in laboratorio per la caratterizzazione dei terreni dell’area a destinazione turistico-alberghiera a NW dell’abitato (P.L.1 e P.L.2, 1989).
- Indagini in sito ed in laboratorio per la caratterizzazione dei terreni dell’area in località “Piana Pantaniello”

(P.I.P., 1988).

Nei documenti citati sono riportate le stratigrafie dei sondaggi effettuati e i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati, dei profili sismici a rifrazione e delle prove down-hole. I sondaggi meccanici hanno raggiunto profondità non superiori ai 25 m. I terreni attraversati sono relativi alle formazioni terrigene e ai depositi lacustri. Non è stato pertanto possibile caratterizzare le formazioni litoidi e i detriti di falda. Inoltre, occorre sottolineare che il campionamento eseguito durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici sui terreni riferibili alle formazioni terrigene, è stato effettuato esclusivamente a profondità comprese fra i 2,80 m e i 3,20 m, interessando, quindi, soltanto lo strato di sabbia limoso-argillosa superficiale. L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella Carta della distribuzione del bedrock e della copertura. Nella Tab. 1 sono riportati i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite su alcuni campioni prelevati nelle formazioni terrigene. Per l'esecuzione dei profili sismici a rifrazione viene indicato l'uso di un'apparecchiatura MAE PS-32 a otto canali; l'energizzazione del terreno è stata ottenuta mediante un maglio fatto cadere dall'altezza di 3 m. Nell'area immediatamente a NW dell'abitato l'interpretazione riportata nei vari lavori prevede la presenza di 3 sismostrati le cui caratteristiche sono indicate in Tab. 2. Ai fini di una microzonazione del territorio comunale, assumono una certa importanza le prove down-hole, che permettono di determinare, tramite la misura delle Vs, il modulo di taglio (G) ed il coefficiente di Poisson (n) a bassi livelli di deformazione ($g < 10^{-4}$ %). Due prove down-hole, eseguite nella stessa area, hanno fornito i valori in termini di velocità riportati in tab. 3. L'interpretazione ha evidenziato la presenza di un salto di velocità ad una profondità di 4 , 5 m dal p.c

Tab. 1: Risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nelle formazioni terrigene.

Sondaggio	1*	2*	3**	4***
Campione	2C1	3C1	1D1	1E1
Profondità campione (m)	3,00	3,00	2,80	3,20
w (%)	14,23	18,41	22,73	16,39
γ_s (g/cm ³)	2,66	2,64	2,67	2,66
γ (g/cm ³)	1,86	1,87	1,88	1,85
γ_d (g/cm ³)	1,63	1,58	1,53	1,59
e	0,632	0,671	0,745	0,673
n (%)	38,72	40,15	42,69	40,23
S_r	0,60	0,72	0,81	0,65
G (%)	5,23	2,68	5,31	9,60
S (%)	51,77	49,32	47,69	56,40
L (%)	19,00	25,00	25,00	19,00
A (%)	24,00	23,00	22,00	15,00
LL (%)	-	-	34,70	-
LP (%)	-	-	24,02	-
IP (%)	-	-	10,68	-
IC	-	-	1,12	-
φ (0°)	29°	25°	27°	30°
c (kg/cm ²)	0,03	0,07	0,03	0,02
σ_f (kg/cm ²)	-	-	0,74-0,92	-
δ (%)	-	-	3,5-4,3	-
Carta della plasticità	-	-	CL	-

* P.F., 1992; ** P.L.1, 1989; *** P.L.2, 1989

Tab. 2: Sismostrati rilevati con profili di sismica a rifrazione (area a NW dell'abitato).

Sismostrato	Profondità media (m)	V_p (m/s)
1	0 ÷ 3	≈ 600
2	3 ÷ 6	≈ 1100
3	> 6	≈ 1700

Tab. 3: Risultati delle prove down-hole (area a NW dell'abitato).

D-H	Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p/V_s
1	< 4	732	315	2,32
2	< 5	710	295	2,41
1	> 4	1790	860	2,08
2	> 5	1850	885	2,09

La velocità rilevata nei primi 4 ÷ 5 m di profondità è quella propria dello strato di sabbia limoso-argillosa. E' evidente che a profondità superiori la misura della velocità effettuata tiene conto anche degli strati di calcari marnosi, che sono individuati in tutti i sondaggi eseguiti in questa località. Per tale motivo a tutta la formazione terrigena in affioramento, che si presenta proprio come un'alternanza di arenarie e calcari marnosi, possono essere attribuite le seguenti velocità, calcolate come media dei valori misurati al di sotto dei primi 4 ÷ 5 m di profondità:

$$V_p \approx 1800 \text{ m/s}; V_s \approx 870 \text{ m/s}; V_p/V_s \approx 2,07$$

Viceversa ai primi 4 ÷ 5 m di profondità dal p.c., che sembrano rappresentare lo strato superficiale alterato delle formazioni terrigene, possono essere attribuiti i seguenti valori medi di velocità:

$$V_p \approx 720 \text{ m/s}; V_s \approx 300 \text{ m/s}; V_p/V_s \approx 2,40.$$

Dai valori di V_s misurati in sito si ricavano, tramite le relazioni $G_0 = \rho V_s^2$ e $\nu = (V_p^2/2V_s^2 - 1)/(V_p^2/V_s^2 - 1)$, il modulo di taglio (G_0) e il rapporto di Poisson (ν) di seguito indicati, attribuendo a tutta la sezione stratigrafica del sondaggio una densità media $\rho = 1,86 \text{ g/cm}^3$:

profondità da 0 a 4 ÷ 5 m dal p.c

- $G_0 = 167 \text{ MPa}$;
- $\nu = 0,39$.

profondità > di 4 ÷ 5 m dal p.c.

- $G_0 = 1408 \text{ MPa}$;
- $\nu = 0,35$.

Nella tab. 4 sono invece riportati i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite su alcuni campioni prelevati nei depositi lacustri, in affioramento nell'area a NE dell'abitato (località "Piana Pantaniello"). Nella Carta di Plasticità, adattata al Sistema Unificato, tutti i campioni prelevati si posizionano nel settore delle argille inorganiche con alto limite di liquidità (argille inorganiche ad alta plasticità della Carta di Plasticità di Casagrande).

Tab. 4: Risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati in località "Piana Pantaniello".

Sondaggio	5*	6****	6****	7****	7****
Campione	6C1	2F1	2F2	3F1	3F2
Profondità campione (m)	3,00	3,80	19,50	5,50	10,00
w (%)	29,04	34,21	31,83	33,76	27,19
γ_s (g/cm ³)	2,79	2,75	2,78	2,74	2,71
γ (g/cm ³)	1,87	1,85	1,87	1,85	1,82
γ_d (g/cm ³)	1,45	1,38	1,42	1,38	1,43
e	0,924	0,993	0,958	0,985	0,895
n (%)	48,02	49,82	48,93	49,62	47,23
S_r	0,88	0,95	0,92	0,94	0,82
G (%)	-	-	-	-	8,56
S (%)	14,00	11,00	9,00	15,00	22,44
L (%)	39,00	42,00	39,00	34,00	29,00
A (%)	47,00	47,00	52,00	51,00	40,00
LL (%)	62,30	64,10	64,80	63,30	56,90
LP (%)	27,68	26,92	28,57	27,98	27,87
IP (%)	34,62	37,18	36,23	35,32	29,03
IC	0,96	0,80	0,91	0,84	1,02
ϕ (0°)	19°	17°	19°	-	-
c (kg/cm ²)	0,15	0,12	0,18	-	-
σ_f (kg/cm ²)	1,34-1,47	1,18-1,27	-	-	-
δ (%)	7,0-7,4	4,3-5,6	-	-	-
Carta della plasticità	CH	CH	CH	CH	CH

* P.F., 1992

**** P.I.P., 1988

I sondaggi indicano che il livello di falda è posto a quote variabili, comprese all'incirca tra 2 m e 9 m di profondità dal p.c.

In località "Piana Pantaniello" l'interpretazione dei profili sismici a rifrazione prevede l'individuazione di almeno 2 sismostrati. La presenza del livello di falda determina una certa variabilità dello spessore del primo sismostrato; in tab. 5 viene indicato uno spessore medio di 7 m. Ciò appare coerente nella sua variabilità con l'escursione del livello di falda precedentemente indicato, pari anch'esso a 7 m.

Una prova down-hole effettuata nel sondaggio 6 (P.I.P., 1988) ha evidenziato un salto di velocità intorno ai 2 m di profondità. In questo sondaggio è stato rilevato un livello piezometrico posto a circa 2 m dal p.c. Nella Tab. 6 vengono riportate le velocità misurate.

Tab. 5: Sismostrati rilevati con profili di sismica a rifrazione in località "Piana Pantaniello".

Sismostrato	Profondità media (m)	V_p (m/s)
1	0 ÷ 7*	≈ 600
2	> 7	≈ 1100

Tab. 6: Risultati delle prove down-hole in località "Piana Pantaniello".

D-H	Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p/V_s
1	< 2	350	143	2,45
1	> 2	1300	625	2,08

Dai valori di V_s in sito si ricavano il modulo di taglio (G_0) e il rapporto di Poisson (ν) di seguito indicati, attribuendo a tutta la sezione stratigrafica del sondaggio una densità media $\rho = 1,86 \text{ g/cm}^3$:

profondità da 0 a 2 m dal p.c

- $G_0 = 38 \text{ MPa}$;
- $\nu = 0,40$.

profondità > di 2 m dal p.c.

- $G_0 = 726 \text{ MPa}$;
- $\nu = 0,35$.

4.2.5 - Possibili effetti locali

Nell'ambito del comune di Pettoranello del Molise sono state compilate le schede relative alla Chiesa Madre, situata nel centro storico, e alla Chiesa di San Sabastiano, posta a N del paese. La loro esatta ubicazione è mostrata nella Carta della distribuzione del bedrock e della copertura.

Le informazioni raccolte nelle schede, integrate con i dati acquisiti nelle altre fasi dello studio, permettono di ipotizzare un diverso comportamento, in termini di risposta sismica, per i due siti rilevati.

CHIESA MADRE

La Chiesa Madre, ubicata alla sommità del rilievo su cui sorge il centro abitato, è impostata sulle formazioni litoidi, cioè su materiale rigido.

Nella relazione geologica allegata al Piano di Fabbricazione, tale materiale è rappresentato in sezione come una placca isolata, sovrapposta a materiale più plastico. Una tale condizione stratigrafica comporterebbe quasi certamente, in caso di evento sismico, lo sviluppo di importanti effetti di amplificazione delle onde sismiche, in corrispondenza di tutto il centro abitato e, dunque, anche della Chiesa Madre. Lo studio bibliografico ha, invece, messo in evidenza che i vari termini compresi nelle formazioni litoidi continuano al di sotto dell'abitato per almeno 100 m (De Corso et al., 1998).

Il paese risulta, pertanto, fondato su un *bedrock* di spessore non inferiore ai 100 metri. Per tale motivo si può escludere in prima approssimazione che esso vada soggetto a fenomeni di focalizzazione dovuti alla riflessione e rifrazione delle onde sismiche, in corrispondenza delle superfici di contatto fra mezzi a comportamento elastico differente.

E', invece, opportuno tener conto di un altro fattore rilevante: la chiesa sorge in posizione di culmine del rilievo, contornata da scarpate più o meno acclivi. Tale condizione morfologica costituisce un elemento predisponente a fenomeni di amplificazione, determinati dalla focalizzazione dell'energia sismica incidente in corrispondenza della zona di cresta.

CHIESA SAN SEBASTIANO

La Chiesa di San Sebastiano è ubicata su un versante poco acclive ed è impostata su litotipi prevalentemente sabbiosi. Si tratta di sabbie limoso-argillose, interpretabili come il livello di alterazione dei depositi terrigeni sottostanti. Il loro spessore è superiore ai 2 m, in accordo con la stratigrafia indicata nel sondaggio effettuato a breve distanza (sondaggio 1).

Tale condizione stratigrafica può determinare un'amplificazione locale per effetto del passaggio delle onde dai termini sottostanti, a comportamento litoide (bedrock), a quelli soprastanti, più plastici (copertura).

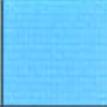
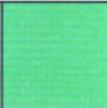
ALTRI SITI

Le informazioni riguardanti le aree di affioramento dei depositi detritici (zona del cimitero comunale) e dei sedimenti lacustri (località "Piana Pantaniello"), integrate con la ricostruzione dei rapporti stratigrafici della sezione geologica CD, permettono di ipotizzare anche per queste aree la possibilità di effetti di amplificazione delle onde sismiche nel passaggio in terreni a diverso comportamento elastico. Inoltre, nelle stesse aree, è possibile prevedere, in caso di evento sismico, l'innescò di movimenti franosi o la riattivazione di materiale già mobilizzato da precedenti fenomeni di dissesto, nonché il distacco di detrito instabile dalle scarpate. Questi fenomeni potrebbero in alcuni casi interessare direttamente le abitazioni, la rete stradale e quella ferroviaria, con conseguenze gravose anche per la gestione delle prime fasi di emergenza.

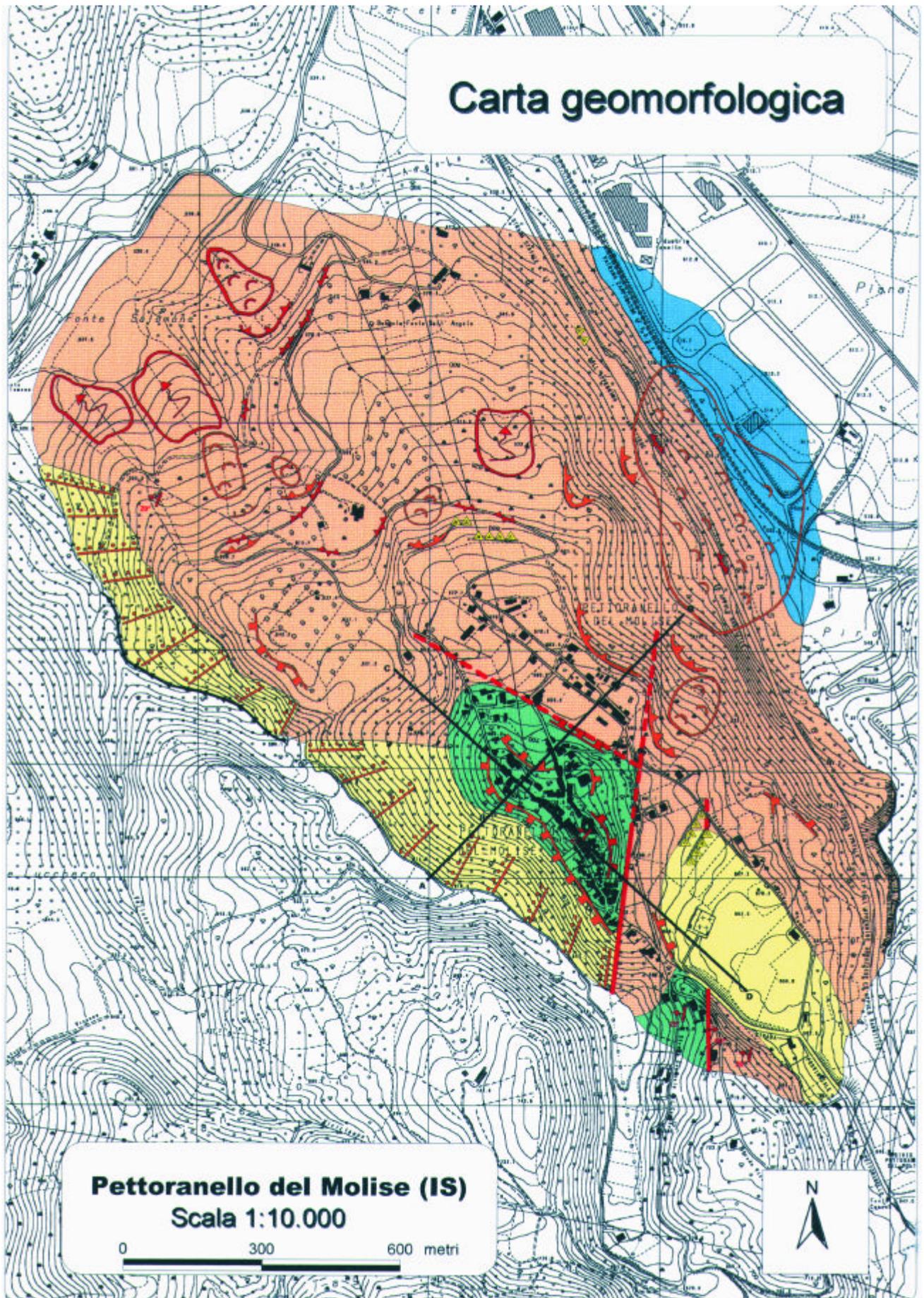
Bibliografia al Capitolo 4.2

- Antonucci a., De Corso S., Di Luzio E., Lenci F., Sansonne P., Scrocca D. & Tozzi M. (2000) - La Montagnola di Frosolone ed il Matese settentrionale: nuovi dati sulla geologia molisana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 119, pp.637-654.
- Canuti P., Focardi P., Nardi R. & Puccinelli A. (a cura di) - Atlante dei centri abitati instabili della Toscana. Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Firenze 2000.
- Corrado S., Di Bucci D., Naso G. & Damiani A.V. (1998) - Rapporti tra le grandi unità stratigrafico-strutturali dell'Alto Molise: "Appennino Centrale". *Boll. Soc. Geol. It.*, 117, pp. 761-776.
- Corrado S., Di Bucci D., Naso G., Parotto M. & Praturlon A. (1999) - Evoluzione tettonica neogenico-quadernaria dell'area molisana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 118, pp. 13-30.
- De Corso S., Scrocca D. & Tozzi M. (1998) - Geologia dell'anticlinale del Matese e implicazioni per la tettonica dell'Appennino Molisano. *Boll. Soc. Geol. It.*, 117, pp. 419-441.
- Di Luzio E., Paniccia D., Pitziani P., Sansonne P. & Tozzi M. (1999) - Evoluzione tettonica dell'Alto Molise. *Boll. Soc. Geol. It.*, 118, pp. 287-315.
- Faccioli E. (a cura di) - Elementi per una guida alle indagini di microzonazione sismica. CNR - Quaderni della Ricerca Scientifica, 114, vol. 7, Roma 1986.
- Marcellini A. & Tiberi P. (a cura di) - La microzonazione sismica di Fabriano. C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Regione Marche - Assessorato Protezione Civile, 1999.
- Scrocca D. & Tozzi M. (1999) - Tettogenesi mio-pliocenica dell'Appennino Molisano. *Boll. Soc. Geol. It.*, 118, pp. 255-286.
- Servizio Geologico d'Italia (1966) - Carta Geologica d'Italia: Foglio 161 (Isernia).
- Servizio Geologico d'Italia (1971) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 161 (Isernia).

Legenda

Depositi recenti	
detriti di falda cementati e/o mediamente cementati Olocene	
argilla limosa con sabbia (depositi lacustri) Olocene	
Formazioni terrigene	
arenarie marnose, arenarie argillose e argille sabbiose alternate a calcari marnosi stratificati e fratturati (Formazione di Longano) Miocene	
Formazioni litoidi	
calcari, calcari marnosi, calcareniti, marni calcaree e breccie poligeniche a cemento calcareo (Formazione di Monaci e Formazione di Macchiagodena) Eocene - Oligocene - Miocene	
Elementi strutturali	
faglia certa	
faglia presunta	
giacitura degli strati	
Traccia sezioni geologiche	
	

Agente morfodinamico	Forme e Processi	Stato di attività	
		attivo	inattivo
gravità	area interessata da soflusso generalizzato		
	scarpata interessata da caduta di detriti		
	scarpata di frana		
	gradino di frana		
	corpo di frana		
	frattura di trazione		
	falda detritica		
acque correnti superficiali	scarpata di erosione torrentizia		
	fosso di erosione concentrata		
Forme antropiche			
sbancamento			



Sezioni geologiche (Pettoranello del Molise - IS)

