



Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009 n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Regione Emilia Romagna
Comune di Savignano sul Panaro



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Dott. Geol. Andrea Zanotti Collaboratore: Dott. Filippo Tusberti	Dicembre 2022

INDICE RELAZIONE

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Elaborati a corredo dello studio	4
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	5
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	5
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	26
6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE	26
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	27
7.1 Fattori di amplificazione considerati per lo studio di MS	27
7.2 Elaborazione dei valori di HSM	33
7.3 Sintesi dei risultati	34
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	34
8.1 carta delle velocità delle onde di taglio	35
8.2 carte di microzonazione sismica	35
8.3 carta della distribuzione dei valori di HSM	36

1. INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda unicamente l'aggiornamento degli elaborati di livello 2, che sono stati adeguati alle norme ed agli standard di rappresentazione vigenti, per la formazione del P.U.G. del Comune di Savignano sul Panaro, secondo quanto richiesto da specifico incarico a firma del dirigente dell'Area Tecnica dell'Unione Terre di Castelli, Arch. Umberto Visone, formalizzato con determinazione n. 1212 del 06/12/2022.

Il lavoro di seguito descritto, svolto con il coordinamento del Geom. Alessandro Bellentani del comune di Castelnuovo Rangone, costituisce pertanto un aggiornamento parziale degli studi e degli elaborati pregressi di microzonazione sismica, realizzati a partire dal 2014, con modifiche fino all'ottobre 2015, dal Dott. Geol. Stefano Castagnetti, (da qui in avanti: "Studi 2014") ai quali si rimanda per ogni informazione di base non esplicitata nel presente lavoro.

La predisposizione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- ✓ Allegato A2 "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 532/2018 e Decreto del Capo della Protezione Civile del 9 agosto 2018"

Per quanto non specificato nel suddetto documento, i riferimenti tecnici per la realizzazione dello studio e per l'elaborazione e la redazione delle tavole cartografiche sono rappresentati dai seguenti testi:

- ✓ "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2", redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, da qui in avanti "Standard MS 4.2";
- ✓ "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011), da qui in avanti "ICMS".
- ✓ "Microzonazione sismica - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazione". Versione 2.0, redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2022.

Nella redazione dello studio ci si è inoltre riferiti alle seguenti normative:

- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale n. 476/2021 Aggiornamento dell'“Atto di Coordinamento Tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017) di cui alla Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630”
- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale n. 564/2021 Integrazione della propria deliberazione N. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)"
- ✓ LR 30/10/2008 n.19 “Norme per la riduzione del Rischio Sismico”;
- ✓ LR 21/12/2017 n.24 “Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio”;
- ✓ DM del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

1.1 Elaborati a corredo dello studio

Gli elaborati del presente aggiornamento parziale dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Savignano sul Panaro sono i seguenti:

- Relazione illustrativa;
- Tavole cartografiche elencate in Tabella 1 e illustrate in dettaglio nel capitolo 8;

Elaborato cartografico	Scala
Carta di microzonazione sismica livello 2 – FA PGA	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA 0.1 – 0.5s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA 0.4 – 0.8s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA 0.7 – 1.1s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA 0.5 – 1.5s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FH 0.1 – 0.5s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FH 0.5 – 1.0s	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FH 0.5 – 1.5s	1:10.000
Carta della distribuzione dei valori di HSM	1:10.000
Carta di confronto CLE e HSM - Tav. A	1:5.000
Carta di confronto CLE e HSM - Tav. B	1:5.000
Carta di confronto CLE e HSM - Riassuntiva	1:10.000

Tabella 1 - Elaborati cartografici predisposti per il presente aggiornamento parziale dello studio di microzonazione sismica del comune di Castelnuovo Rangone

La base topografica di riferimento degli elaborati cartografici è costituita dai raster della Regione Emilia Romagna (DBT scala 1: 5.000 e 1.10.000), aggiornati al 2020, che sono stati georeferenziati secondo il sistema di riferimento richiesto, ovvero nelle coordinate “WGS_1984_UTM_Zone_33N”.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO*

**si rimanda alla relazione illustrativa di Microzonazione Sismica prodotta dal Dott. Castagnetti, ottobre 2015*

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il territorio del Comune di Savignano sul Panaro ricade prevalentemente nel foglio CARG 220 CASALECCHIO DI RENO (L. Martelli, A. Benini, M.T. De Nardo; 2009), fatta eccezione per la propaggine nord – occidentale che rientra all'interno del foglio CARG 2019 SASSUOLO (G. Gasperi, G. Bettelli et alii; 2005). Dal punto di vista degli areali oggetto di microzonazione sismica si rileva che la quasi totalità di questi appartiene al foglio 220, tranne la zona posta in fregio a via del Lavoro, presso l'abitato di Garofano, che è inclusa nel foglio 219.

Secondo le note illustrative dei documenti sopracitati il territorio del comune di Savignano sul Panaro (MO) appartiene al versante padano dell'Appennino settentrionale, nel quale l'assetto geologico e morfologico è determinato principalmente dalla sovrapposizione di falde tettoniche.

L'area comunale e le zone ad essa circostanti sono geologicamente attribuibili alle Unità Alloctone del Dominio Ligure (Bettelli et alii), alla Successione Epiligure (Ricci Lucchi e Ori 1985; Bettelli et alii, 1989) (Decandia e Elter, 1972; Elter e Marroni, 1992) ed alla Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano.

Le azioni deformative che hanno coinvolto la fascia delle strutture del margine appenninico, hanno generato un assetto generale a monoclinale immerso verso la pianura che è caratterizzato da strutture a sinclinali ed anticlinali blandamente pronunciate che nei dintorni della fascia esaminata sono contraddistinte da una inclinazione verso nord/est, degli strati della Formazione delle Sabbie Gialle ora denominata nell'appennino occidentale Sintema di Costamezzana. Dette condizioni descrivono una striscia ad andamento appenninico praticamente rettilineo che definisce una fascia di flessura di importanza regionale che trova continuità ad occidente nella Linea dei Gessi. Nel sottosuolo dei territori del sopracitato allineamento, sono presenti strutture antiformali e sinformi ad orientamento appenninico che coinvolgono anche i depositi quaternari continentali pleistocenici; le

principali strutture nella zona in oggetto scorrono sia immediatamente a Nord della Chiesa Beata Vergine Assunta di Savignano (indicativamente sul fondovalle occupato da via Basilicata, nel tratto che collega il borgo medievale con la pista da motocross), sia a monte dell'abitato di Formica lungo una fascia in direzione di S. Michele di Castelletto (BO). Queste risultano rappresentate dalla superficie di sovrascorrimento di Savignano, con asse a direttrice nord ovest – sud est che transita al contatto tra le Unità Liguri ed i Corpi Arenacei post-pliocene inferiore e la sinclinale di Formica con asse ovest nord ovest – est sud est, che inizia a circa 250 m di distanza dal toponimo Cà Nova. Le strutture compressive e le superfici di sovrascorrimento della coltre alloctona e delle successioni Epiligure e Neogenica del Margine Appenninico sono dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di dette strutture è pertanto almeno post –Pliocene inferiore e medio. Tali fasce di fagliazione si presentano spesso come zone di intensa fatturazione, talora senza rigetti importanti alla scala cartografica, che lungo le superfici di spostamento presentano componenti sia verticali che orizzontali. Queste strutture attive in periodi recenti hanno decisamente influenzato anche le geometrie del reticolo idrografico.

Le unità affioranti nel territorio in oggetto sono riconducibili ai domini:

- ligure,
- epiligure,
- padano-adriatico, suddiviso a sua volta in: successione post-evaporitica e supersintema emiliano-romagnolo.

Nel foglio 220 CASALECCHIO DI RENO la descrizione delle unità stratigrafiche comincia con le unità liguridi, descritte secondo l'ordine di sovrapposizione geometrico per unità tettoniche dall'alto verso il basso riconoscibile sul terreno a scala regionale, mentre la descrizione dei terreni post-liguri segue l'ordine cronologico.

Per il territorio studiato si riporta di seguito una sintesi delle informazioni presenti nelle note illustrative del foglio sopracitato, con esclusione delle formazioni non affioranti nei dintorni del sito.

DOMINIO LIGURE

UNITÀ CASSIO

Le unità litostratigrafiche di questa unità tettonica, qui affioranti, sono costituite esclusivamente dai terreni argillosi e arenaceo-pelitici cretacei, precedenti alla sedimentazione dei “flysch ad elmintoidi”, riferibili ai “Complessi di base” Auctt.; secondo i rilevamenti nei dintorni del sito, questi terreni costituiscono una sottounità tettonica denominata “sottounità Panaro” (cfr. F. 219 Sassuolo).

Argille a Palombini (APA)

Formazione prevalentemente torbiditytica costituita da argilliti, a volte siltose, di colore grigio scuro o nerastro e talora con bande bordeaux o verde smeraldo fissili, e calcilutiti grigio chiare, talora silicee, gradate, a volte con base arenitica fine; gli strati variano da medi a spessi, il rapporto calcare-argillite è sempre in favore di quest’ultima. Sono presenti rari strati sottili di areniti mangesifere medio-fini, di colore grigio o beiges se alterate.

Le Argille a Palombini si presentano spesso completamente scompagnate e caratterizzate da aspetto caotico per le intense deformazioni tettoniche, con evidenze di *boudinage*, per cui la giacitura sedimentaria originaria degli strati è spesso valutata grazie all’allineamento dei blocchi calcilutitici o da parti più o meno spesse di successione meglio conservate. Nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo.

Al contrario di quanto avviene nelle aree limitrofe, non è mai stata osservata la presenza di ofioliti associate a questa formazione. L’ambiente di sedimentazione è pelagico e profondo con frequenti apporti torbiditytici.

Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l’intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è valutabile in oltre cento metri.

Campioni analizzati per la realizzazione del F. 237 Sasso Marconi indicano un’età compresa tra il Cretaceo inferiore (associazioni a *Nannoconidi*) ed il Turoniano (associazioni a *Micula staurophora*, *Eiffellithus eximius*, *Microrhabdulus decoratus*). questa formazione è limitata alla base e al tetto da contatti meccanici.

Arenarie di Scabiazza (SCB)

Torbiditi pelitico-arenacee costituite da arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate con granulometria da fine a finissima, di colore grigio (beige o rossastro se alterate); si alternano ad argille e argille marnose grigio scuro molto sporche; rapporto A/P<1. Presenza saltuaria di calcilutiti marnose verdi o biancastre in strati da sottili a spessi e argilliti rosso scuro e verdi affini ad AVV.

Questi litotipi generalmente si presentano inglobati in peliti a causa dell'intensa deformazione tettonica, mostrando alla scala dell'affioramento il tipico "boudinage" delle formazioni liguri.

L'ambiente di deposizione è di piana bacinale posta a profondità oltre il limite di compensazione dei carbonati, con frequenti apporti torbiditici.

La potenza geometrica affiorante è di circa 100 metri.

Studi sul nannoplancton calcareo di campioni provenienti dalla località tipo (GHISELLI et alii, 1991) hanno documentato un'età della formazione riferibile all'intervallo Turoniano superiore - Campaniano inferiore.

Questa formazione sembra avere rapporti di eteropia con AVV mentre i contatti con APA sono di incerta natura.

Argille Varicolori di Cassio (AVV)

Prevalenti argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione (quando preservata) da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli di arenarie grigie sottili, calcilutiti silicee grigiastre gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro e microconglomerati con elementi di basamento cristallino di aspetto simile a quelli dei "Salti del Diavolo" dell'Appennino Parmense e Piacentino (fogli 217 Neviano degli Arduini, 198 Bardi, 197 Bobbio, 216 Borgo Val di Taro).

Anche questa formazione presenta un elevato grado di tettonizzazione che rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un clivaggio scaglioso pervasivo. La presenza di litotipi competenti si riduce ad un "boudinage" con lembi di strato di continuità laterale non superiore al metro.

L'ambiente di sedimentazione è pelagico di mare profondo, con apporti torbiditici.

Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è valutabile in oltre cento metri.

Analisi del nannoplancton calcareo relative a campioni provenienti da altri fogli (F. 198 Bardi, ZANZUCCHI & MARTINI, 2000; F. 237 Sasso Marconi, PANINI *et alii*, 2002) indicano un'età estesa dal Coniaciano terminale al limite Campaniano – Maastrichtiano.

Queste argille sembrano avere rapporti di eteropia con SCB e poggiano fisicamente su APA; questo contatto, quando affiorante, si presenta tettonizzato.

SUCCESSIONE EPILOGURE

Questa successione, discordante sulle liguridi già strutturate dalla fase ligure, è costituita da depositi sintettonici di bacino confinato, in prevalenza alternanze di marne di scarpata, torbiditi e depositi di frane sottomarine, di età Eocene medio-Messiniano.

La tipica successione epiligure affiora nel medio Appennino emiliano a ovest della Val Secchia e nell'Oltrepò Pavese (Bacino Terziario Piemontese); gli affioramenti di questi settori sono in parte diversi ma di analogo significato e ben correlabili. Queste successioni sono note in letteratura anche con la definizione di “semialloctono” (BOCCALETTI & COLI, 1982).

BRECCE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO - CANOSSA (mVT)

Brecce a matrice argillosa grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici di prevalenti calcilutiti e inclusi da decametrici ad ettometrici di ANT, MMP, LOI, SCB, MOH, AVS. Alla scala del campione a mano è evidente la tessitura clastica *matrix-supported*. I blocchi di maggiori dimensioni, talora cartografabili, sono presenti per lo più alla base.

La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 100 metri.

Il limite inferiore è netto, spesso meccanico, su MMP; questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT.

Unità costituita da depositi di colata gravitativa (*mud* e *debris flow*).

Nel foglio 220, gran parte dello spessore della successione epiligure oligocenica è sostituito da questo *mélange*.

Dati di letteratura (PAPANI, 1971; FREGNI & PANINI, 1988) indicano un'età di messa in posto riferibile al Miocene basale, confermata anche da analisi del nannoplancton da campioni provenienti dalle aree tipo nel F. 218 Castelnovo ne' Monti (PAPANI *et alii*, 2002) che indicano per i sedimenti immediatamente sottostanti un'associazione tipica della biozona MNN1c (Aquitano) e per quelli immediatamente soprastanti un'associazione tipica della biozona MNN1d (Aquitano terminale) di FORNACIARI & RIO (1996).

FORMAZIONE DI PANTANO (PAT)

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; la stratificazione è poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche (AMOROSI, 1993). Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e si può osservare una laminazione ondulata.

La sedimentazione è di ambiente di piattaforma. La potenza è di circa 500 m.

Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG; comunque non è raro che la base sia elisa tettonicamente.

Questa formazione costituisce la parte inferiore del Gruppo di Bismantova (AMOROSI *et alii*, 1996b) e corrisponde alle arenarie o calcareniti di Bismantova Auctt.

Sempre sulla base di analisi da sezioni del F. 218 (PAPANI *et alii*, 2002) il tetto della Formazione di Pantano è attribuito al Langhiano superiore per la presenza di associazioni di nannofossili riferibili alla zona MNN5b di FORNACIARI *et alii* (1996). Tuttavia, nella zona di Montovolo (Appennino Bolognese), AMOROSI (1992a e 1992b) riconosce, nella parte alta della formazione, associazioni a Foraminiferi del Langhiano inferiore (vedere anche AMOROSI *et alii*, 1993).

FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA (GES)

Banchi, talora decametrici, di gesso selenitico con cristalli traslucidi geminati a "coda di rondine", di dimensioni anche decimetriche, gessoareniti e gessoruditi con intercalazioni di argille siltose bituminose grigio scure o nerastre con bioclasti, scaglie di pesci ed abbondanti frustoli carboniosi che evidenziano una

sottile laminazione piano-parallela e conferiscono una certa fissilità; sono presenti sottili livelli di siltiti fini grigio chiaro gradate, con sabbia fine organogena alla base che passano a marne siltose grigie compatte a laminazione ondulata. Nella parte bassa della formazione compaiono sottili strati di calcari dolomitici.

L'ambiente sedimentario è evaporitico, tipo *sabkha*.

La potenza è variabile da pochi metri ad oltre 150 metri.

Il limite inferiore non affiora, ma verosimilmente, sulla base di osservazioni nei fogli limitrofi, è discordante e tettonizzato con TER, CIG e PAT.

Sulla base delle età delle formazioni sotto e soprastanti, a scala regionale, l'età della Formazione Gessoso-Solfifera è da riferirsi al Messiniano inferiore (vedere anche CERRINA FERONI *et alii*, 2002); IACCARINO & PAPANI (1980) segnalano, nelle peliti, la presenza di Gasteropodi (*Amyclina semistriata*) e Foraminiferi (*Bulimina echinata* e *Discospirina* sp.).

SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO

Questa successione comprende tutti i depositi post-evaporitici, quindi dal Messiniano superiore all'attuale, affioranti lungo il margine appenninico. Sono compresi anche i depositi del Pliocene intra-appenninico (RICCI LUCCHI *et alii*, 1981, 1982) e i depositi continentali della Pianura Padana (AEI e AES).

FORMAZIONE A COLOMBACCI (FCO)

Prevalenti argille e argille marnose, di colore azzurro e grigio-verde, in strati sottili e molto sottili, privi di microfossili eccetto Ostracodi e Lamellibranchi, alternate a sabbie gradate in strati medi e spessi, spesso alterate e di colore giallo ocra. In quest'area non affiorano i caratteristici calcari evaporitici biancastri denominati "colombacci" (CREMONINI & FARABEGOLI, 1977) che caratterizzano la formazione in Romagna.

L'ambiente deposizionale è variabile da alluvionale a lago-mare. La potenza massima affiorante è di qualche decina di metri.

Il limite inferiore, non affiorante, è, per analogia ad altre zone dell'Appennino Emiliano - Romagnolo, presumibilmente discordante su GES; il limite superiore è netto e discontinuo, generalmente marcato da una lacuna biostratigrafica, con FAA;

altrove, in Romagna, il limite superiore si presenta netto ma continuo con le Marne di Cella, attribuite al Pliocene basale (zona a *Sphaeroidinellopsis*).

Da dati di letteratura, l'età è riferibile al Messiniano superiore (RICCI LUCCHI *et alii*, 1982; BONAZZI & FREGNI, 1987).

ARGILLE AZZURRE (**FAA**)

Marne argillose e siltose, talora sabbiose, grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, spesso a stratificazione poco evidente per bioturbazione e scarsa differenziazione granulometrica. Nella parte inferiore della formazione sono localmente presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Sempre frequenti i microfossili (Foraminiferi e Ostracodi); variabile la concentrazione di malacofauna a Gasteropodi e Lamellibranchi, sia come biosomi che come bioclasti.

Nella parte alta sono presenti "slumps", non cartografabili per l'esiguità degli spessori e intercalazioni arenacee e arenaceo-pelitiche.

Nella parte alta sono state distinte le seguenti litofacies.

Litofacies arenacea (**FAAa**), costituita da strati arenacei, talora conglomeratici, generalmente spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, a geometria lenticolare; l'estensione è di alcune centinaia di metri, fino a diventare chilometrica verso sud-est (cfr. fogli CARG 221 e 238), lo spessore massimo è di qualche decina di metri.

Litofacies arenaceo-pelitica (**FAAap**), caratterizzata da intercalazioni di livelli sabbiosi, talora arenacei, da fini a spessi, talora bioturbati; la geometria della litofacies è fortemente lenticolare, l'estensione massima è di poche centinaia di metri, mentre lo spessore può essere di qualche decina di metri.

Al limite con il foglio 219 Sassuolo è stata distinta anche una litofacies arenaceo-conglomeratica (**FAAac**) potente pochi metri e di età dubitativamente pliocenica medio-superiore in base ai dati raccolti nelle soprastanti argille; essa costituisce localmente la base della formazione.

L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma esterna e scarpata.

La potenza affiorante è di oltre 250 m.

Il limite inferiore è discontinuo su AVS, PAT, CIG, TER, GES e FCO; verso sud, mostra rapporti di eteropia con RUM e ADO; il limite superiore è discordante con IMO.

L'età della formazione si estende dal Pliocene inferiore (zona a *G. margaritae*) al Pleistocene inferiore (zona a *H. balthica*) (RICCI LUCCHI *et alii*, 1982; CERETTI & COLALONGO, 1982; COLALONGO *et alii*, 1982a; GASPERI *et alii*, 1987; AMOROSI *et alii*, 1998b).

FORMAZIONE DI MONTE ADONE (ADO)

Prevalenti arenarie, generalmente poco cementate, con abbondante matrice siltoso-argillosa e subordinati conglomerati, in strati da medi a banchi, alternate a peliti sabbiose con stratificazione da sottile a spessa, a geometria talora tabulare, talora lenticolare. Verso l'alto aumenta la frequenza delle peliti. Spesso la stratificazione non è ben evidente a causa della bioturbazione. Il colore delle sabbie è grigio e grigio-azzurro, beige se alterate, quello delle peliti grigio scuro.

Sono presenti corpi grossolani con geometria sia tabulare che lenticolare, con stratificazione incrociata concava e superfici e docce erosive e intervalli tipo panchine fossilifere costituiti da macrofossili appartenenti prevalentemente ai Lamellibranchi, Gasteropodi e Scafopodi.

I ciottoli sono prevalentemente costituiti da calcilutiti di origine ligure. La cementazione è da media a scarsa, spesso differenziale con presenza di "cogoli" generalmente allineati subparallelamente alla stratificazione.

Questa formazione, corrispondente al ciclo P2 del "Pliocene intra-appenninico" Auctt. (RICCI LUCCHI *et alii*, 1981), è stata suddivisa in 2 membri sulla base del rapporto arenite/pelite, presenza di livelli conglomeratici e spessore medio degli strati. In questo foglio affiora quasi esclusivamente la sottounità superiore denominata *Membro delle Ganzole* (ADO₂), caratterizzato da areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi; la potenza è di circa 200 metri; la frequenza e lo spessore delle peliti aumentano verso l'alto, dove è possibile distinguere una litofacies pelitico-arenacea (ADO_{2a}).

Nell'estremità meridionale, alla base, affiora un piccolo lembo del *Membro di Monte delle Formiche* (ADO₁), caratterizzato da areniti e subordinati conglomerati in strati da medi a molto spessi; la potenza, generalmente compresa tra 150 e 200

metri, è qui di qualche decina di metri.

L'ambiente di sedimentazione della formazione è variabile da fluviale a marino costiero e piattaforma.

La potenza massima totale affiorante è superiore ai 350 metri.

Il limite inferiore è discontinuo, talora paraconcordante su RUM. La formazione di Monte Adone, verso nord, mostra chiare evidenze di eteropia con la parte media e superiore di FAA e poggia su FAAa.

L'età è Pliocene medio e superiore, dubitativamente arriva al Pleistocene basale, per posizione stratigrafica e sulla base di associazioni ad ostracodi (RICCI LUCCHI *et alii*, 1981; COLALONGO *et alii*, 1982b).

SABBIE DI IMOLA (ImO)

In questa formazione (AMOROSI *et alii*, 1998a) sono compresi tutti i depositi marino-marginali di età medio-pleistocenica che poggiano in discordanza sui sottostanti depositi marini di età generalmente pliocenica o pleistocenica inferiore.

Le Sabbie di Imola sono comprese tra due superfici di discontinuità principali. Quella inferiore è caratterizzata da una superficie erosiva, associata ad una lacuna stratigrafica che aumenta spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali. Tra il F. Panaro e il T. Lavino, l'appoggio basale avviene sempre sui terreni pleistocenici del piano Emiliano.

Il limite superiore è marcato da una superficie di erosione, talora con appoggio in discordanza angolare, dei depositi alluvionali del Supersistema Emiliano-Romagnolo.

Le Sabbie di Imola sono state recentemente oggetto di uno studio che ha portato ad una sua suddivisione interna in tre membri (AMOROSI *et alii*, 1998a), dal basso verso l'alto: Membro di Monte Castellaccio (IMO₁); Membro di Fossoveggia (IMO₂); Membro di Castel San Pietro (IMO₃).

Nel foglio 220 CARG è stata adottata questa suddivisione, anche se i rapporti tra questi tre membri differiscono in parte rispetto al lavoro sopracitato; in particolare si osserva che IMO₃ è compreso in IMO₂ con il quale mostra quindi rapporti di eteropia. Per quel che riguarda l'età di IMO, in letteratura si possono ricavare due valori differenti. Secondo una sintesi stratigrafica delle unità quaternarie, estesa a

tutto il margine appenninico emiliano-romagnolo l'unità si sarebbe deposta in un intervallo compreso tra circa 1.200.000 e 800.000 anni b.p., durante il Piano Siciliano (FARABEGOLI & ONOREVOLI, 1996). Secondo dati più recenti, utilizzati in questa sede, l'età di IMO è compresa tra 800000 e 650000 anni (AMOROSI *et alii*, 1998a; RER & ENI-AGIP, 1998), quest'ultima datazione sarebbe supportata da un'estensione a tutto il Piano Siciliano delle sottostanti argille marine VAIANI, 1995; AMOROSI *et alii*, 1998b).

Membro di Monte Castellaccio (ImO₁).

Forma una tipica sequenza regressi va di facies sabbiose di spiaggia, passanti a sabbie e ghiaie di delta conoide o barra di foce. La geometria, a grande scala, è quella di un cuneo che s'ispessisce da sud verso nord con valori crescenti da 5 a 20 metri. Le litofacies ghiaiose, sempre distribuite al tetto dell'unità, diventano prevalenti nelle porzioni meridionali.

Le facies di spiaggia sono caratterizzate da sabbie fini e finissime di colore giallo, subordinate quelle medie e grossolane, in strati amalgamati. Vi s'intercalano sottili livelli di ciottoli di piccola taglia, in cui, spesso, si ritrovano piccoli ciottoli silicei varicolori e *clay chips*. Nelle parti inferiori predomina la stratificazione piano parallela; verso l'alto si sviluppa la stratificazione incrociata ad alto angolo in set a piccola e media scala in genere inferiore ai 30 centimetri. La stratificazione concavo-convessa e ondulata da ripple è subordinata, si rinviene in genere al tetto di sottili strati gradati.

Il passaggio alle sovrastanti litofacies ghiaiose avviene in modo brusco o graduale, a seconda che ci si trovi nelle vicinanze della foce di un paleocanale o delle sue zone laterali di ridistribuzione.

I ciottoli sono poligenici, in strati medi e spessi, con diametri medi di 3-5 centimetri, massimo 10-12 centimetri, frequentemente assumono colori di alterazione bruno-violacei dovuti a patine ferro- mangesifere.

Le forme sono piatte e arrotondate, spesso concentrate in livelli *clast-supported*. Sono prevalentemente organizzati in stratificazione incrociato concava con festoni schiacciati a scala decimetrica, talora metrica; in alcune zone, si sviluppano strati medi e sottili, piano paralleli, con ciottoli molto selezionati in forma e granulometria.

Subordinati gli strati disorganizzati, matrice sostenuti, talora gradati. Le sabbie s'intercalano in modo subordinato. Le paleocorrenti sono prevalentemente volte da SE a NW. Il limite inferiore è erosivo e discordante, il limite con IMO₂ è netto.

Membro di Fossoveggia (ImO₂).

È costituito prevalentemente da peliti deposte negli ambienti di piana alluvionale e di piana deltizia, più o meno in comunicazione con il mare.

Comprende sia depositi compresi tra IMO₁ ed IMO₃, che depositi laterali ad IMO₃, laddove quest'ultima unità litostratigrafica si chiude lateralmente, che, infine, depositi sovrastanti IMO₃.

Nel foglio CARG 220 la posizione stratigrafica del membro di Fossoveggia differisce in parte rispetto a quanto indicato in AMOROSI *et alii* (1998a), dove IMO₂ è sempre compreso tra gli altri due membri.

L'unità è composta da limi e argille prevalenti, con subordinate intercalazioni decimetriche sabbioso limose, talora più spesse, in riempimento di canali di limitata estensione. La stratificazione nelle peliti è generalmente mal visibile, a tratti si osservano strati con spessore decimetrico. I depositi sono prevalentemente di colore grigio azzurro e bluastro, specie, nelle porzioni basali, dove sono associati a crostoni e noduli di carbonato di calcio e ferromanganese; e da varie tonalità del giallo, con screziature brunastre. Si osserva, anche la ripetuta alternanza di orizzonti decarbonatati, con facce di pressione e *slickensides* e di suoli immaturi a profilo A-C; a volte, si notano i resti di filamenti radicali.

Il limite inferiore con IMO₁ è netto; IMO₂ comprende completamente al suo interno IMO₃.

Il limite superiore con AEI osservato nell'alveo del F. Panaro è erosivo e discordante. Il limite superiore con AES è erosivo e discordante; dove il contatto avviene con AES indifferenziata, esso non è mai affiorante e non è marcato da un forte contrasto litologico, in questi casi il contatto superiore di IMO₂ è pertanto maggiormente interpretato rispetto agli altri settori.

Si segnali infine che nell'affioramento di IMO₂ presente nell'alveo del F. Panaro, sono stati ritrovati dei resti di *E. meridionalis* (CREMASCHI & SALA, 1982).

Lo spessore massimo è di circa 50 metri.

SUPERSINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO

SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

È composto da depositi di piana intravalliva, conoide e piana alluvionale, corrispondenti alla quasi totalità dei terreni alluvionali quaternari affioranti nel foglio 220. Nelle porzioni collinari il limite inferiore è sempre erosivo e discordante su tutti i terreni sottostanti.

Nelle porzioni intravallive e di margine appenninico AES è costituito da diversi ordini di depositi alluvionali terrazzati, che limitatamente alla zona di interesse vengono di seguito descritti.

L'età dell'unità va dal Pleistocene medio all'attuale

Subsintema di Bazzano (AES₆)

Porzione affiorante

È costituito da depositi francamente intravallivi ben affioranti in sinistra idrografica del F. Reno e da depositi di conoide alluvionale, affioranti agli sbocchi vallivi in pianura del T. Lavino, T. Samoggia e F. Panaro. Sullo sbocco vallivo del T. Samoggia in pianura, in sinistra idrografica, è presente la località tipo di questa unità.

Nelle zone intravallive sono presenti depositi fluviali dati da ghiaie spesse sino a tre metri circa sovrastate da limi più o meno sabbiosi pedogenizzati spessi circa un metro. Al di sopra di essi si rinvencono notevoli spessori (sino a oltre 10 metri), di depositi limoso sabbiosi alluvio-colluviali. Agli sbocchi vallivi gli spessori delle ghiaie crescono fino ad una decina di metri. Qui sui depositi fini si sviluppano suoli non calcarei di colore bruno giallastro o bruno scuro, sovrastanti un suolo sviluppato su ghiaie non calcareo molto evoluto (a tratti sono presenti Alfisuoli) di colore bruno scuro o bruno scuro rossastro o bruno rossastro. Il profilo di alterazione è profondo complessivamente sino a sette metri circa.

L'analisi comparata dei dati stratigrafici ed archeologici condotta in FARABEGOLI & ONOREVOLI (1996), mostra che AES₆, può essere datata alla parte terminale del pleistocene medio.

Limite inferiore erosivo e discordante sui sottostanti depositi marini.

Porzione sepolta

Nel sottosuolo questa unità corrisponde ad un ciclo formato da una porzione inferiore prevalentemente fine sovrastata da una porzione grossolana. La porzione fine è costituita da limi e argille di piana alluvionale spessi da zero a venti metri circa proseguendo da sud verso nord. La porzione grossolana è costituita da prevalenti ghiaie di conoide alluvionale che costituiscono dei corpi di spessore pluridecametrico e di notevole estensione laterale, tendenti a sfrangiarsi verso nord. Tali depositi grossolani occupano interamente l'intervallo stratigrafico di questa unità nelle porzioni più prossimali alla catena. Con riferimento a RER & ENI-AGIP (1998), questo ciclo corrisponde al complesso acquifero A2. Il limite superiore è dato dal contatto netto con i sovrastanti depositi fini di base AES₇, il limite inferiore corrisponde al contatto netto tra i depositi fini costituenti la porzione inferiore di questa unità con depositi grossolani sottostanti. Lo spessore massimo nel sottosuolo è di 70 metri circa.

Parte finale del Pleistocene medio (attribuzione archeologica e per posizione stratigrafica).

Unità di Niviano (AES7a)

Porzione affiorante

L'unità è costituita da depositi di piana intravalliva e di conoide alluvionale. Nelle porzioni intravallive l'unità è scarsamente preservata; nel F. Reno essa comprende gli ordini di terrazzo dal 15 al 16 (vedi fig. 9), nel T. Lavino gli ordini 7 e 8, nel T. Samoggia (vedi fig. 10) dal 8 al 11, nel F. Panaro l'ordine 6.

Questi depositi, sempre mal studiabili, sono costituiti da un deposito fluviale dato da ghiaie spesse sino a tre metri circa sovrastate da limi più o meno sabbiosi pedogenizzati spessi circa un metro. Al di sopra di essi si rinvencono alcuni metri di depositi limoso sabbiosi alluvio-colluviali con suoli intercalati, al tetto sono presenti suoli non calcarei di colore bruno scuro.

In prossimità del margine appenninico l'unità affiora con maggiore continuità, su ampie superfici lateralmente agli sbocchi vallivi del F. Reno e del T. Lavino. Qui sono presenti depositi sabbioso limosi spessi alcuni metri, interpretati come conoidi

alluvionali del reticolo idrografico minore. Questi depositi sono interessati al tetto da un suolo non calcareo di colore bruno scuro potente sino a cinque metri circa. Nel sottosuolo questa unità non è stata distinta.

Unità di Vignola (AES7b)

Porzione affiorante

L'unità è costituita da depositi di piana intravalliva e di conoide alluvionale. Nelle porzioni intravallive l'unità è scarsamente preservata; nel F. Reno comprende gli ordini di terrazzo dall'11 al 14 (vedi fig. 9, nel F. 220 non affiorano i depositi relativi all'ordine 11), nel T. Lavino gli ordini 5 e 6, nel T. Samoggia gli ordini dal 5 al 7 (vedi fig. 10); nel F. Panaro comprende l'ordine 5.

Qui i depositi, sempre mal studiabili, sono costituiti da un deposito fluviale dato da ghiaie spesse sino a tre metri circa, sovrastate da limi più o meno sabbiosi pedogenizzati spessi circa un metro. Al di sopra di essi si rinvencono alcuni metri di depositi limoso sabbiosi alluvio-colluviali con suoli intercalati, al tetto sono presenti suoli non calcarei di colore bruno scuro.

Agli sbocchi vallivi l'unità affiora con maggiore continuità; specialmente sulla conoide del F. Panaro, dove è presente la località tipo di questa unità (GASPERI *et alii*, 1987), e sulla conoide del T. Samoggia.

In generale, si nota una diminuzione del grado di alterazione, passando dalle zone apicali delle conoidi a quelle distali.

La continuità laterale del suolo al tetto di AES7b nel sottosuolo della pianura è osservabile anche a notevoli distanze dagli sbocchi fluviali. Esso affiora nell'alveo del F. Panaro, tra Spilamberto e San Cesario sul Panaro, dove è ricoperta da sedimenti fluviali contenenti vari reperti Neolitici (CREMASCHI, 1984).

Nel sottosuolo questa unità non è stata distinta.

Subsintema di Ravenna (AES₈)

Porzione affiorante

AES₈ è costituito da depositi di piana intravalliva, conoide e di piana alluvionale.

Affiora con continuità attraverso tutti gli ambienti deposizionali considerati, dalle zone intravallive sino alla pianura alluvionale più aperta.

Nelle zone intravallive l'unità è costituita da depositi di terrazzo alluvionale organizzati in numerosi ordini; nella valle del F. Reno, corrispondono ad AES₈ gli ordini dal 1 al 10 (vedi fig. 9, nel F. 220 affiorano solamente i depositi relativi agli ordini 1, 2, 6, 8 ed 10), nel T. Lavino, nel T. Samoggia (vedi fig. 10) e nel F. Panaro gli ordini da 1 a 4.

I depositi intravallivi sono costituiti da ghiaie potenti sino a tre metri sovrastate da limi sabbiosi spessi sino a tre metri di natura alluvionale o colluviale. I suoli al tetto (Entisuoli o Inceptisuoli) variano da non calcarei a calcarei, lo spessore del fronte di alterazione è variabile tra 0.5 ed 1.5 metri, il colore degli orizzonti superficiali dei suoli non calcarei è bruno scuro e bruno scuro giallastro, i suoli calcarei appartengono all'unità di Modena.

Sui terrazzi più bassi, attribuiti all'unità di Modena (vedi oltre), le ghiaie spesso affiorano direttamente sulle superficie topografica.

Oltre lo sbocco delle valli appenniniche AES₈ affiora estesamente occupando tutta la superficie della pianura. L'unità è qui costituita da ghiaie, sabbie, limi e argille di canale, argine, rotta fluviale, e piana inondabile. I corpi ghiaiosi sono rari ed affiorano limitatamente agli sbocchi vallivi del F. Panaro e F. Reno, molto più estesamente affiorano invece le tessiture relative ai depositi di argine, rotta e piana inondabile.

Sulle superficie topografica dei depositi terrazzati di piana intravalliva sono stati ritrovati insediamenti Romani e dell'età del Ferro e del Bronzo. In pianura la porzione affiorante coincide su ampi tratti con il piano di frequentazione Romano (tranne che per AES_{8a}, vedi oltre), su cui spesso si rinvencono insediamenti di varia natura e/o le tracce della centuriazione romana.

Porzione sepolta

la base di AES₈ è caratterizzata da una superficie di discontinuità corrispondente a una lacuna stratigrafica di entità variabile. Questa lacuna è evidente nel margine appenninico, dove la base di AES₈ poggia sul suolo bruno rossastro già descritto al tetto delle ghiaie di AES₇.

Lo spessore massimo di AES₈ nel sottosuolo è di circa 25 metri. Pleistocene terminale-Attuale (attribuzione radiometrica).

Unità di Modena (AES8a)

La porzione sommitale di AES₈ è costituita da una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore: l'Unità di Modena (AES8a), la quale contiene i depositi più superficiali (sempre affioranti) e più recenti del foglio (si veda il lavoro di CREMASCHI & GASPERI, 1989 per quanto riguarda la descrizione dei depositi rilevati nella località tipo). Essa affiora con continuità dalla piana intravalliva fino alla pianura alluvionale. Nei settori intravallivi comprende gli ordini di terrazzo più bassi, dal 1 al 2 nel F. Reno (vedi fig. 9), nel T. Lavino, nel T. Samoggia (vedi fig. 10) e nel F. Panaro. questi terrazzi sono costituiti prevalentemente da ghiaie spesso direttamente affioranti sulla superficie topografica. Lo spessore massimo di queste ghiaie è di circa 3 metri.

Oltre lo sbocco delle valli appenniniche AES8a è costituita da ghiaie, sabbie, limi e argille di canale, argine, rotta fluviale, e piana inondabile. I corpi ghiaiosi sono presenti esclusivamente nelle zone limitrofe agli alvei dei corsi d'acqua principali, molto più estesamente affiorano invece le tessiture relative ai depositi di argine, rotta e piana inondabile.

Nelle zone di piana alluvionale AES8a è caratterizzata da buona preservazione delle forme deposizionali originarie; gli alvei ed i paleoalvei mostrano spiccati caratteri di pensilità con formazione di apparati morfodeposizionali molto evidenti. Lo spessore del profilo di alterazione è generalmente inferiore ai 50 centimetri.

In pianura questa unità si appoggia, in discontinuità, sul suolo di epoca romana (o su suoli precedenti, nelle porzioni più prossimali alla catena); al suo interno si ritrovano spesso reperti romani rimaneggiati. Lo spessore massimo di AES8a è di sette metri circa e corrisponde all'apparato di canale e argine formato dall'attuale corso del F. Reno.

La deposizione di AES8a è assai probabilmente da mettere in relazione all'instaurarsi di un'importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV e il VI secolo d.C., determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento di gran parte della pianura (VEGGIANI, 1994).
Post IV sec. d.C.- Attuale (attribuzione archeologica).

In conclusione la zona oggetto di studio si colloca nella fascia di alta pianura e di collina modenese in un settore largamente influenzato dai fenomeni deposizionali del Fiume Panaro che durante le fasi di esondazione ha deposto sedimenti a granulometria variabile da grossolana a fine con variabilità laterale molto elevata.

Con riferimento alla cartografia geologica della Regione Emilia Romagna, si rileva che nel quadrante settentrionale del comune di Savignano sul Panaro affiorano prevalentemente le coperture quaternarie del supersistema emiliano-romagnolo, con predominanza del Subsistema di Ravenna (AES8) presso gli areali oggetto di MS. All'interno di questo quadrante è presente una stretta fascia dell'Unità di Vignola AES7b in corrispondenza della parte "alta" della frazione Mulino.

Sulle colline poste immediatamente ad Est del settore esaminato sono presenti le unità geologiche della successione post evaporitica del Dominio Padano adriatico, principalmente rappresentate dalle Sabbie di Imola (IMO) e marginalmente dalle Argille azzurre (FAA) che si rinvenivano esclusivamente al piede del versante.

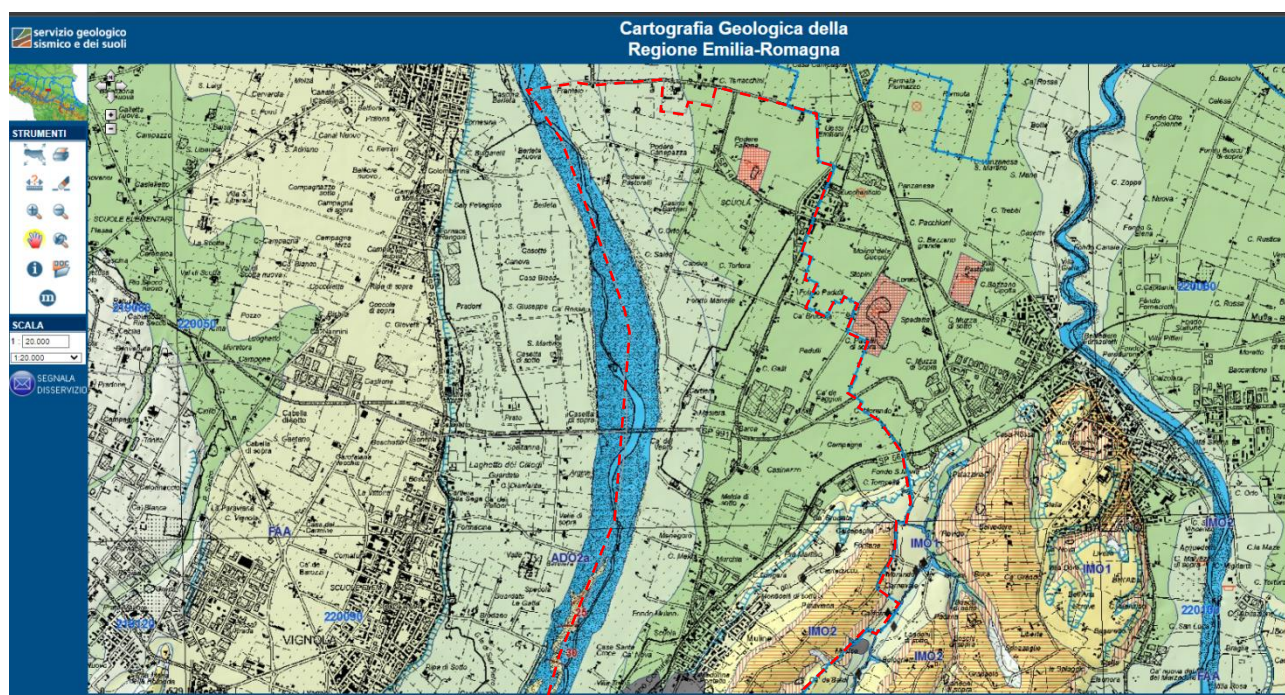


Figura 1 - Stralcio cartografia geologica della regione Emilia Romagna. Quadrante centro-settentrionale del comune di Savignano sul Panaro.

LEGENDA

	Province
	confine comunale
Linee geomorf./antrop. (10K)	
	orlo di terrazzo fluviale
Punti di osservaz. e misura (10K)	
	stratificazione dritta
Coperture quaternarie (10K)	
	AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore
	AES6 - Subsintema di Bazzano
	AES7a - Unità di Niviano
	AES7b - Unità di Vignola
	AES8 - Subsintema di Ravenna
	AES8a - Unità di Modena
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a3 - Deposito di versante s.l.
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	h3-1 - Cava attiva
	h3-2 - Cava inattiva
	i2 - Conoide torrentizia inattiva
Limiti di unità geologiche (10K)	
	contatto stratigrafico o litologico certo
	contatto stratigrafico o litologico incerto
	faglia incerta
	limite di natura incerta
Unità geologiche (10K)	
	ADO2a - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole -litofacies pelitica-arenaceo
	FAA - Argille Azzurre
	IMO1 - Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio
	IMO2 - Sabbie di Imola - membro di Fossoveggia

Nel quadrante meridionale del Comune di Savignano sul Panaro affiorano anche dei terreni appartenenti sia al dominio ligure che al dominio epiligure, che si rilevano immediatamente a monte del capoluogo, nei pressi del borgo medievale e risultano rispettivamente rappresentati dalle argille varicolori della Val Samoggia (AVS) (all'esterno degli areali oggetto di microzonazione sismica) e dalla formazione di pantano (PAT) che si rinviene in fregio al prospetto nord della Chiesa Beata Vergine Assunta.

I centri abitati di Savignano, Formica e Garofano, ovvero gli areali di maggiore interesse ai fini del presente lavoro, sono insediati prevalentemente sopra le coperture quaternarie del supersistema emiliano-romagnolo, con predominanza del subsistema di Ravenna (AES8). Qui sono presenti alcuni depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperti verso valle, costituiti da "i2 - Conoide torrentizia inattiva".

La propaggine nord dell'abitato di Formica unitamente alla zona di Garofano posta ad Ovest di via del Lavoro, che sono ubicate nei pressi della sponda destra del F. Panaro, risultano insediate sopra l'Unità di Modena (AES8a).

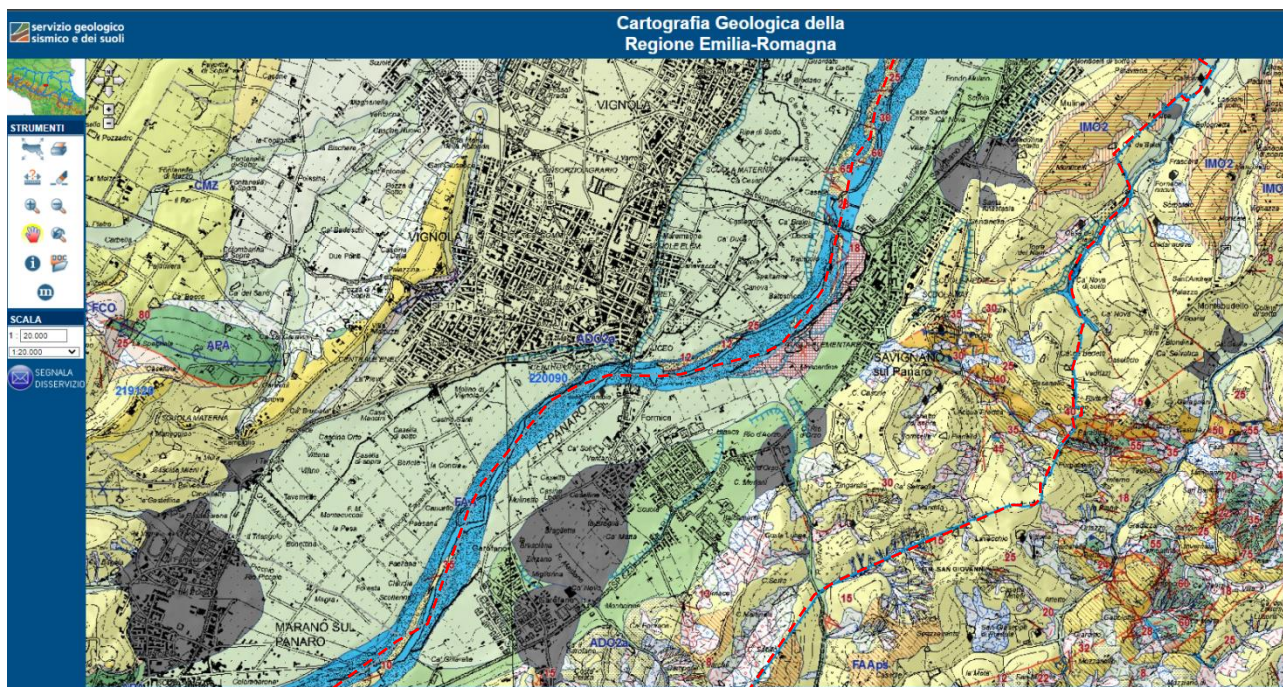


Figura 2- Stralcio cartografia geologica della regione Emilia Romagna. Quadrante centro-meridionale del comune di Savignano sul Panaro

LEGENDA

	Province
	confine comunale
Linee geomorf./antrop. (10K)	
	orlo di terrazzo fluviale
Punti di osservaz. e misura (10K)	
	stratificazione dritta
Coperture quaternarie (10K)	
	AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore
	AES6 - Subsintema di Bazzano
	AES7a - Unità di Niviano
	AES7b - Unità di Vignola
	AES8 - Subsintema di Ravenna
	AES8a - Unità di Modena
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	h3 - Cava
	i2 - Conoide torrentizia inattiva
Elementi strutturali (10K)	
	traccia di superficie assiale antiforme con asse orizzontale certa
Limiti di unità geologiche (10K)	
	contatto stratigrafico inconforme certo
	contatto stratigrafico o litologico certo
	contatto stratigrafico o litologico incerto
	faglia certa
	faglia dedotta
	faglia incerta
	limite di natura incerta
	sovrascorrimento certo

	sovrascorrimento incerto
	Affioramenti (aree) (10K)
Unità geologiche (10K)	
	ADO2 - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole
	ADO2a - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole -litofacies pelitica-arenaceo
	AVS - Argille Varicolori della Val Samoggia
	FAA - Argille Azzurre
	FAAa - Argille Azzurre - litofacies arenacea
	FAAac - Argille Azzurre - litofacies arenaceo-conglomeratica
	FAAps - Argille Azzurre - litofacies pelitico-sabbiosa
	FCO - Formazione a Colombacci
	GES - Formazione Gessoso Solifera
	PAT - Formazione di Pantano

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI*

**si rimanda al capitolo 3 della relazione illustrativa di Microzonazione Sismica prodotta dal Dott. Castagnetti, ottobre 2015*

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO*

**si rimanda al capitolo 4 della relazione illustrativa di Microzonazione Sismica prodotta dal Dott. Castagnetti, ottobre 2015*

6. INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE

Tenuto conto di quanto già espresso dal Dott. Castagnetti nella relazione illustrativa degli “Studi 2014” in merito ai criteri di elaborazione delle indagini utilizzate per la determinazione della stratigrafia e dei valori di Vs, nella redazione del presente lavoro si è cercato di mantenere coerenza tra i dati puntuali e lineari disponibili ed il contesto descritto sia dalla Carta geologico-tecnica con relative sezioni, del febbraio 2015, sia dalla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, del febbraio 2015.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Il presente aggiornamento dello studio sismico di livello 2 degli “Studi 2014” ha consentito di calcolare i fattori di amplificazione sismica delle MOPS precedentemente individuate, mediante gli abachi predisposti dalla Regione Emilia-Romagna e riportati nella DGR 476/2021 (Allegato A2), che costituiscono un aggiornamento, anche metodologico, rispetto a quelli allegati alla DAL 112/2007 e alla DGR 2193/2015, precedentemente utilizzati per gli “Studi 2014”.

I paragrafi del presente capitolo illustrano i risultati dello studio e le metodologie di elaborazione utilizzate per determinare i diversi fattori di amplificazione sul territorio e per identificare le zone di attenzione per instabilità.

7.1 Fattori di amplificazione considerati per lo studio di MS

I fattori di amplificazione considerati nel presente approfondimento sono quelli indicati nella DGR regionale n. 476/2021; questi vengono calcolati per un tempo di ritorno dell'evento sismico pari a $T_r = 475$ (con smorzamento $\zeta = 5\%$) e sono così elencati:

- **FA PGA:** rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione ricavata alla superficie del deposito e ricavata sull'affioramento “rigido” (PGA/PGA0). Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- **FA_{T1-T2}:** Rapporto dell'intensità spettrale in accelerazione ricavata alla superficie del deposito e ricavata sull'affioramento “rigido”. I fattori di amplificazione calcolati si riferiscono ai seguenti intervalli di integrazione del periodo proprio T:

SA1: 0,1s-0,5s [FA0105]

SA2: 0,4s-0,8s [FA0408]

SA3: 0,7s-1,1s [FA0711]

SA4*: 0.5s-1.5s [FA0515]

*solo per le aree MARGINE di tipo B

- FH_{T1-T2} : Intensità spettrale di Housner, indicatore della pericolosità sismica, definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità per determinati periodi dello scuotimento. Nel nostro caso, si devono determinare i fattori di amplificazione per i seguenti intervalli di integrazione del periodo proprio T :

SI1: 0,1s-0,5s [FH0105]

SI2: 0,5s-1,0s [FH0510]

SI3*: 0,5s-1,5s [FH0515]

*solo per le aree MARGINE di tipo B

7.1.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: calcolo dei fattori di amplificazione

Ai fini dei calcoli dei fattori di amplificazione sono stati utilizzati gli Abachi presenti nell'allegato 2 della DGR regionale n. 476/2021. Trattandosi di un territorio comunale con forte sviluppo longitudinale che diparte dalla zona collinare e giunge fino all'alta pianura, è stato fatto riferimento ai seguenti paragrafi:

- A2.1.1 - APPENNINO

con particolare riferimento al caso di **substrato marino non rigido**, cioè caratterizzato da $V_s \ll 800$ m/s, affiorante o subaffiorante (copertura di spessore inferiore a 3 m).

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
PGA					1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SA1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1
SA2					1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
SA3					1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SI1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
SI2					1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Si tratta di alcuni limitati areali posti in collina che risultano individuabili sulla carta delle MOPS presso le zone 2003, 2005 e 2006, ovvero in corrispondenza degli affioramenti di FAA e di ADO2 della cartografia geologica regionale.

- A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA

con riferimento al caso di **MARGINE di tipo A**, caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di V_s media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi.

Margine A

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

Margine A

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)}$ $\downarrow$	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

$V_{SH} \text{ (m/s)} \rightarrow$ $H \text{ (m)}$ $\downarrow$	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Si tratta degli areali di maggiore interesse ai fini della microzonazione sismica, sono individuabili sulla carta delle MOPS presso le zone 2002 e 2004, costituite prevalentemente dai depositi quaternari AES8 ovvero da piccoli depositi di versante (a3) o eluvio colluviali (a4), della cartografia geologica regionale.

- A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA
con particolare riferimento al caso di **MARGINE di tipo B**, caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Si tratta degli areali posti all'estremo Nord del comune di Savignano sul Panaro che sono individuabili sulla carta delle MOPS presso la zona 2001, interamente costituita da depositi quaternari AES8, della cartografia geologica regionale.

7.1.2 Zone di attenzione per instabilità: calcolo dei fattori di amplificazione

Nel comune di Savignano sul Panaro sono presenti delle piccole zone suscettibili di instabilità di versante, peraltro non interessate dalla presenza di strutture o infrastrutture, già identificate Dott. Geol. Stefano Castagnetti, negli “Studi 2014”. In tali areali si è provveduto a calcolare il rispettivo fattore di amplificazione, con le procedure vigenti, precedentemente illustrate. A livello di rappresentazione cartografica le zone suscettibili di instabilità vengono riprodotte nel presente lavoro come Zone di Attenzione (ZA_{FR}). Dal punto di vista grafico sono caratterizzate dal colore di fondo, indicativo del fattore di amplificazione, cui viene sovrapposto il retino diagonale, come previsto dagli standard MS 4.2

7.1.3 Effetti della topografia: calcolo dei fattori di amplificazione

Negli areali insediati sulle pendici delle colline gli effetti della topografia, calcolati secondo le istruzioni dell'allegato A2.2 della DGR 476_2021, sono risultati trascurabili.

7.2 Elaborazione dei valori di HSM

L'aggiornamento in oggetto ha comportato la determinazione dei valori di HSM (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in %g), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di $ASI_{UHS}/\Delta T$, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nel file all_4_coord.kmz (cartella Allegato_4.zip) disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Il vantaggio nell'utilizzo di questo nuovo parametro consiste nel fatto che esprime lo scuotimento atteso con valori assoluti, in termini di accelerazione (g), e quindi permette una vera e propria classificazione della pericolosità sismica locale, per $TR=475$ anni.

7.3 Sintesi dei risultati

I criteri di elaborazione dei dati precedentemente descritti hanno fornito i risultati espressi nelle Tabelle 2, e 3 sotto riportate:

ZO NA	VS 30	VS 10	VS substr. Mar	SETTORE	FA PGA	FA 0105	FA 0408	FA 0711	FA 0515	FH 0105	FH 0510	FH 0515	HSM
200 1	400			MAR- GINE B	1.5	1.5	1.7	2.1	1.9	1.6	2	2	0.55- 0.70
200 2		300		MAR- GINE A	1.8	1.8	1.8	1.7	--	1.8	1.8	--	0.55- 0.70
200 3			450	APPEN- NINO	1.6	1.6	1.5	1.3	--	1.6	1.4	--	0.55- 0.70
200 4		250		MAR- GINE A	2	2	1.9	1.7	--	2	1.8	--	0.55- 0.70
200 5			450	APPEN- NINO	1.6	1.6	1.5	1.3	--	1.5	1.4	--	0.55- 0.70
200 6			500	APPEN- NINO	1.4	1.4	1.4	1.3	--	1.4	1.4	--	0.39- 0.54

Tabella 2 – Sintesi dei risultati, zone stabili

ZONA INSTABILE	VS10	SETTORE	FA PGA	FA 0105	FA 0408	FA 0711	FH0105	FH0510	HSM
2004	250	MARGINE A	2	2	1.9	1.7	2	1.8	0.55-0.70

Tabella 3 – Sintesi dei risultati, zone instabili

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo del presente studio di aggiornamento sono stati prodotti gli elaborati cartografici elencati in Tab. 1, per i quali si è adottata prevalentemente una scala 1:10.000, risultata la più adatta a garantire sia un buon grado di dettaglio e di leggibilità, unito comunque alla praticità di mantenere nello stesso foglio tutti gli areali sottoposti a studio, sia uniformità con gli “Studi 2014” che restano validi per il primo livello di approfondimento e per l’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza. Per le carte di confronto tra CLE e HSM sono state redatte due tavole a scala 1:5.000 con lo scopo di rendere maggiormente visibili le strutture e le infrastrutture strategiche. Tale lavoro ha comportato l’aggiornamento ai più recenti standard di rappresentazione delle carte di CLE edite negli studi 2014, che comunque restano valide a livello di contenuti.

8.1 Carta delle velocità delle onde di taglio

Questa riporta i valori puntuali della VS30 (velocità media equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m a partire dal piano campagna) ricavata dalle indagini sismiche (RE.MI, MASW e misure di microtremore a stazione singola). Non dovendo apportare modifiche è stata mantenuta sia la carta già prodotta negli “Studi 2014”.

8.2 Carte di microzonazione sismica

Costituiscono il risultato dell’analisi di microzonazione sismica di secondo livello suddividendo i territori studiati in “zone” caratterizzate da ugual fattore di amplificazione. Come specificato nel capitolo 1, in ossequio alle linee guida regionali (D.G.R. n. 476/2021 e 564/2021), per il comune di Savignano sul Panaro sono state realizzate ex novo, con le procedure descritte al capitolo 7., le seguenti cartografie:

8.2.1 Carta di FA PGA

Trattandosi di un territorio costituito da settori differenti, la carta in esame presenta, all’interno degli areali studiati valori differenti, ricompresi tra le classi 1.3 – 1.4 (zone con substrato marino affiorante o subaffiorante) e 1.9 – 2.0 (margine).

I valori di FA ottenuti sono in linea con quelli esposti negli “Studi 2014”.

8.2.2 Carta di FA 0.1 – 0.5 s

Come nel caso precedente i fattori di amplificazione calcolati nell’intervallo di integrazione del periodo compreso tra 0.1 e 0.5s presentano una distribuzione dei valori ricompresi tra le classi 1.3-1.4 e 1.9-2.0.

8.2.3 Carta di FA 0.4 – 0.8 s

In questo caso si assiste ad incremento di valori nel settore di margine B, posto nel quadrante settentrionale del Comune di Savignano sul Panaro, che sale di una classe, attestandosi su valori di 1.7-1.8.

8.2.4 Carta di FA 0.7 – 1.1 s

Nell’intervallo temporale considerato le aree poste in fregio alla pianura (margine B) subiscono un aumento dei valori di Fa che raggiungono la classe 2.1-2.2.

8.2.5 Carta di FA 0.5 – 1.5 s

Limitatamente ai settori di margine B si rilevano dei valori ricompresi nella classe 1.9 – 2. Come da disposizioni vigenti il calcolo dei valori di Fa in questo intervallo di

integrazione non viene effettuato per i settori “margine A” e “Appennino”.

8.2.6 Carta di FH 0.1 – 0.5 s

In termini di Intensità di Housner, nell’intervallo considerato, la carta ottenuta presenta dei valori di amplificazione ricompresi nelle classi 1.3-1.4 e 1.9-2.0.

8.2.7 Carta di FH 0.5 – 1.0 s

In questo intervallo si assiste ad una diminuzione dei valori nel settore “appennino” ed un incremento nel settore “margine B”. Ne deriva una “forbice” di valori più ampia tra zona collinare e quella di pianura.

8.2.8 Carta di FH 0.5 – 1.5 s

Ad esclusione dei settori “Appennino” e Margine A”, presso il solo quadrante settentrionale del comune in oggetto, sono stati calcolati dei valori di FH0515 pari a 2.0 (classe 1.9-2.0).

8.3 Carta della distribuzione dei valori di HSM

La carta del parametro HSM per lo scuotimento atteso (per $0,1s \leq T \leq 0,5s$) è quasi interamente ricompresa nella classe (espressa in g) 0.55 – 0.70. Fa eccezione una piccolissima area insediata sopra *substrato marino non rigido affiorante o subaffiorante*.

8.3.1 Carte di confronto tra HSM e CLE

Come specificato in precedenza nelle tavole di confronto realizzate per il presente lavoro, le carte di CLE edite negli “studi 2014”, tuttora valide, sono state aggiornate ai più recenti standard di rappresentazione informatica.

In conclusione le elaborazioni evidenziano valori di amplificazione piuttosto omogenei sulla maggior parte degli areali oggetto di microzonazione sismica, che risultano insediati sopra il settore “margine A”. Tuttavia tra la zona collinare e quella più vicina alla pianura (margine B) si rilevano differenze significative, soprattutto dei valori di FA0711 in cui si verifica un salto di quattro classi (da 1.3-1.4 a 2.1-2.2).

Modena, Dicembre 2022

Dott. Geol. Andrea Zanotti

