PRESENTAZIONE DELL'AGGIORNAMENTO DEGLI STUDI
DI MICROZONAZIONE SISMICA E DELL'ANALISI
DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA
DELL'UNIONE DEI COMUNI DELLA BASSA ROMAGNA

Approfondimenti sulle analisi di risposta sismica locale
e sul rischio di liquefazione

Martedì 29 settembre 2026 alle 14
Fusignano (RA) Auditorium A. Corelli

Macrozonazione geologica in prospettiva sismica della pianura emiliano-romagnola

Giacomo Carloni e Luca Martelli

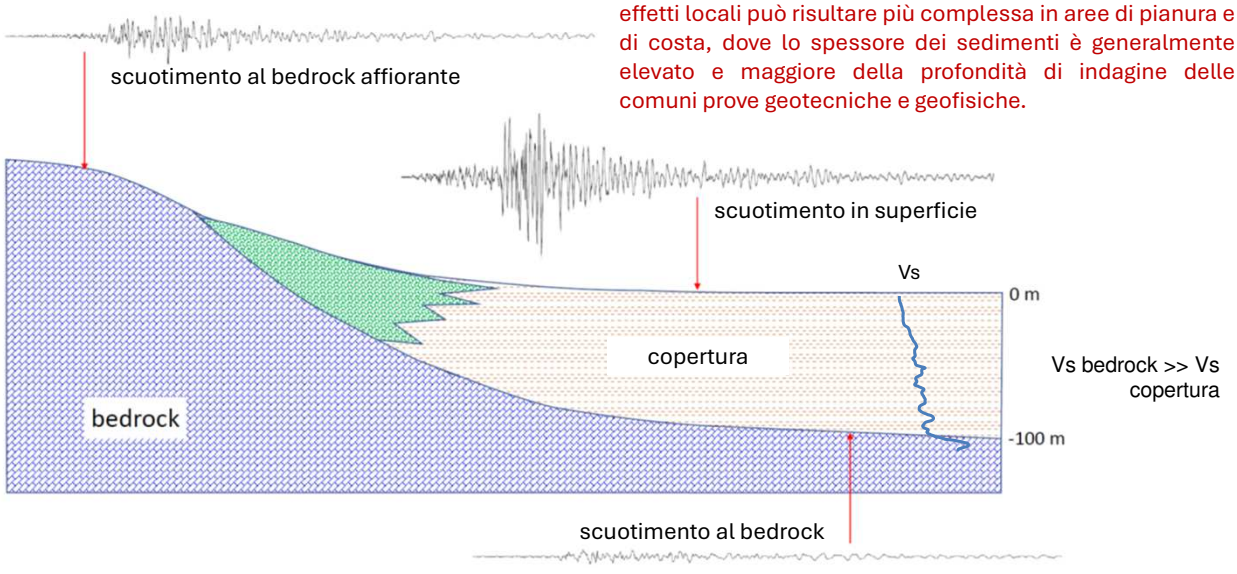
RegioneEmilia-Romagna
SETTORE DIFESA DEL TERRITORIO
area geologia suoli e sismica

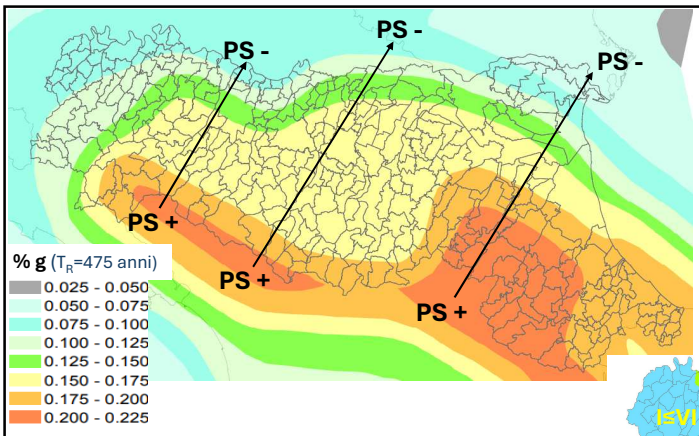


Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Ravenna

I depositi sciolti/poco consolidati, che costituiscono la parte più superficiale del sottosuolo, possono modificare lo scuotimento sismico in termini di ampiezza, frequenza e durata.
Per una corretta valutazione dello scuotimento sismico atteso in superficie, occorre quindi valutare i cosiddetti «effetti locali» (o di sito).

La determinazione dei terreni che possono determinare effetti locali può risultare più complessa in aree di pianura e di costa, dove lo spessore dei sedimenti è generalmente elevato e maggiore della profondità di indagine delle comuni prove geotecniche e geofisiche.

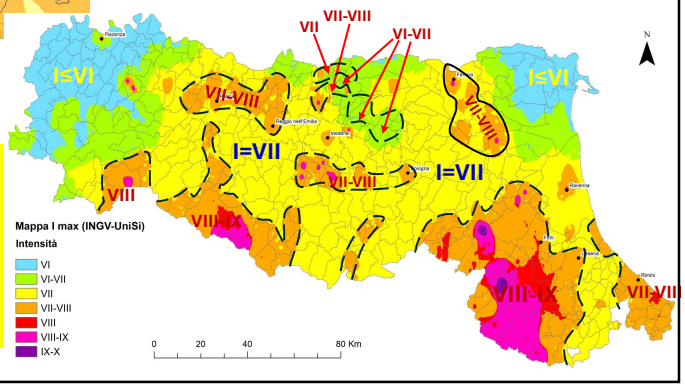




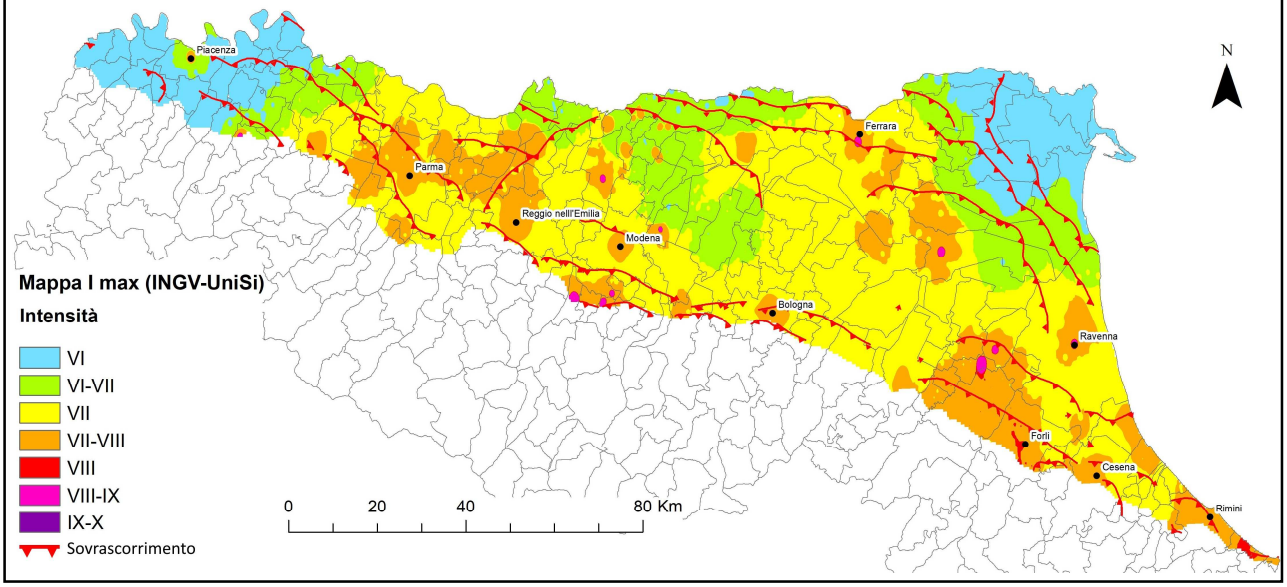
MPS04: cartografia di riferimento per le stime della pericolosità sismica. Indica le accelerazioni attese su suolo rigido e pianeggiante; non tiene conto degli effetti locali e della variabilità del substrato rigido.

Secondo la MPS04 la pericolosità sismica dovrebbe decrescere gradualmente dal crinale appenninico al Po

La carta delle intensità osservate e attese (v. studio UniSI, resp. Prof. D. Albarello, per RER 2024-2025: *https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/microzonazione-sismica*) indica invece una situazione più articolata, soprattutto in pianura



I massimi e i minimi di intensità sismica nella pianura emiliano-romagnola sembrano in relazione con gli alti strutturali sepolti e le zone di sinforme, ovvero con le strutture tettoniche attive che determinano l'attività sismogenica e la profondità del substrato roccioso (o spessore dei sedimenti di copertura)



Per la corretta valutazione della risposta sismica in superficie occorre quindi determinare il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo, cioè definire lo spessore, la stratigrafia e le proprietà geotecniche e geofisiche dei terreni di copertura e la profondità del bedrock sismico.

Innanzi tutto va chiarito cosa si intende per **terreni di copertura**, **substrato geologico** e **bedrock sismico**

Terreni di copertura: successione litostratigrafica costituita da sedimenti sciolti o poco addensati, quali detriti di versante non cementati, alluvioni recenti (< 1 M.a.), ... e/o rocce alterate; generalmente questi terreni sono caratterizzati da Vs < 400 m/s.

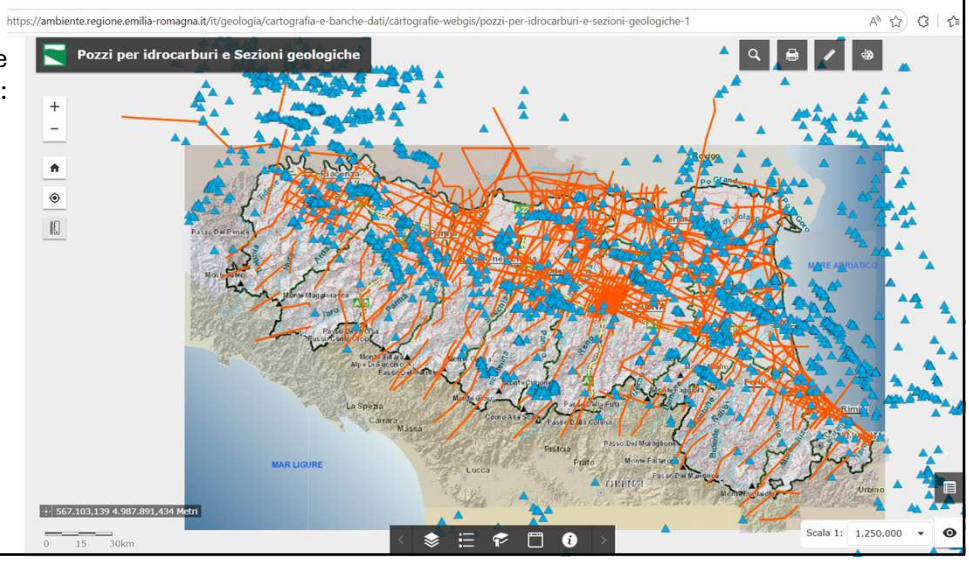
Substrato geologico: successione litostratigrafica costituita da rocce compatte (diagenizzate/consolidate) che costituisce la base dei terreni di copertura; può essere affiorante o subaffiorante (spessore di copertura < 3 m). Nel contesto appenninico-padano il substrato geologico è costituito da sedimenti marini consolidati o sedimenti continentali antichi consolidati/cementati (successioni pre-Pleistocene medio).

Bedrock sismico: successione litostratigrafica caratterizzata da comportamento rigido rispetto ai terreni soprastanti (copertura), ovvero da Vs significativamente maggiore di quella della copertura. Nella letteratura tecnico-scientifica il bedrock sismico è generalmente considerato una roccia con Vs≥800 m/s.

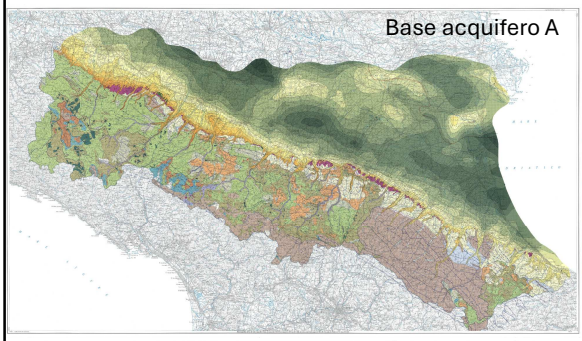
Dati a scala regionale disponibili per determinare la profondità del substrato geologico e del bedrock sismico:

- mappe e sezioni di «Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna» (RER-ENI Agip, 1998)
- mappe e sezioni di «Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia» (RL-ENI, 2002)
- fogli di sottosuolo e sezioni profonde CARG
- Mascandola et al., 2018

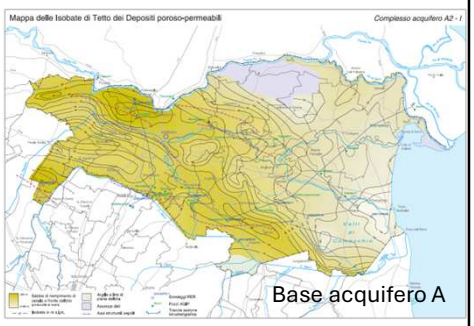
Per consultare e scaricare sezioni geologiche:

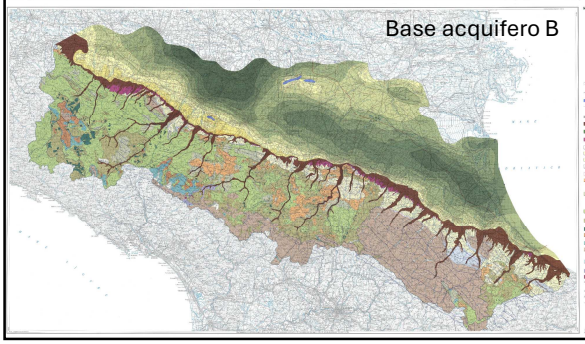


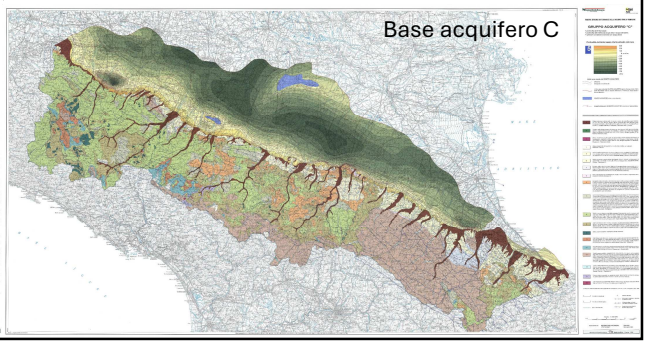
Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna (RER-ENI Agip,1998)



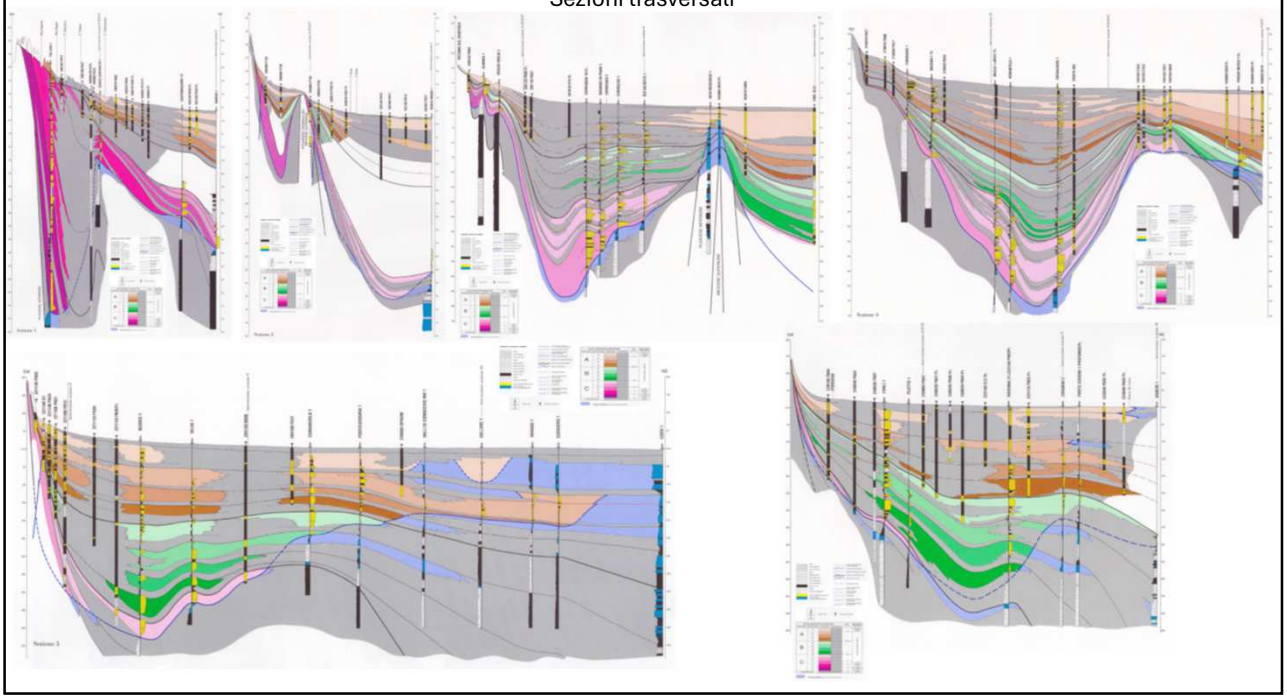
Per la Provincia di Ferrara è disponibile anche uno studio realizzato in collaborazione tra RER, Provincia e UniFE (2007)



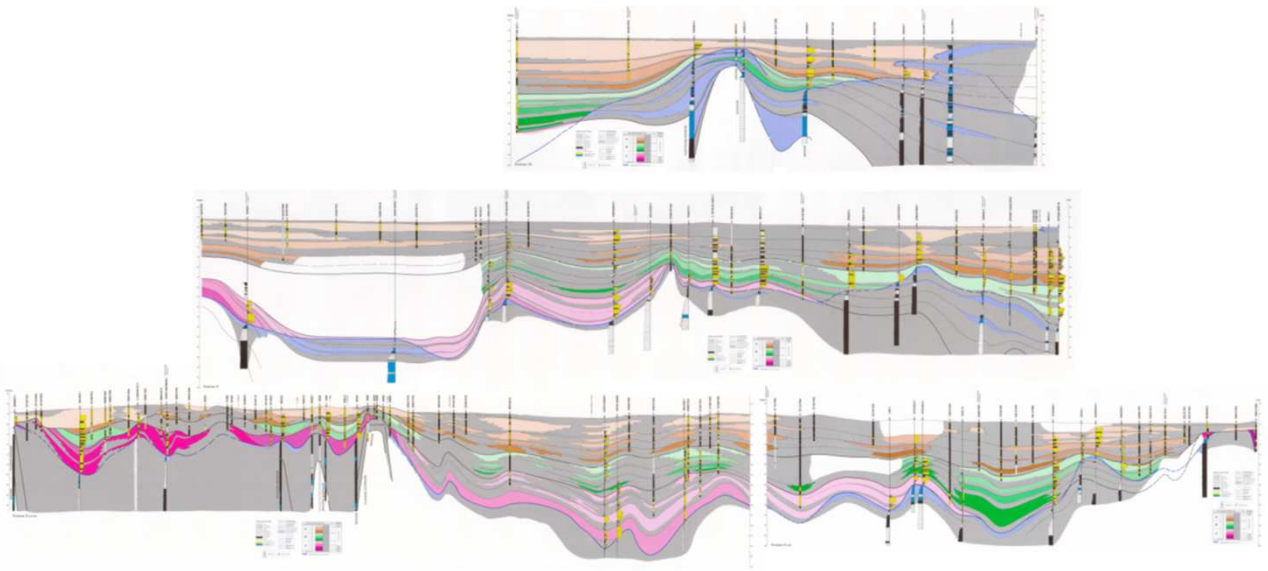


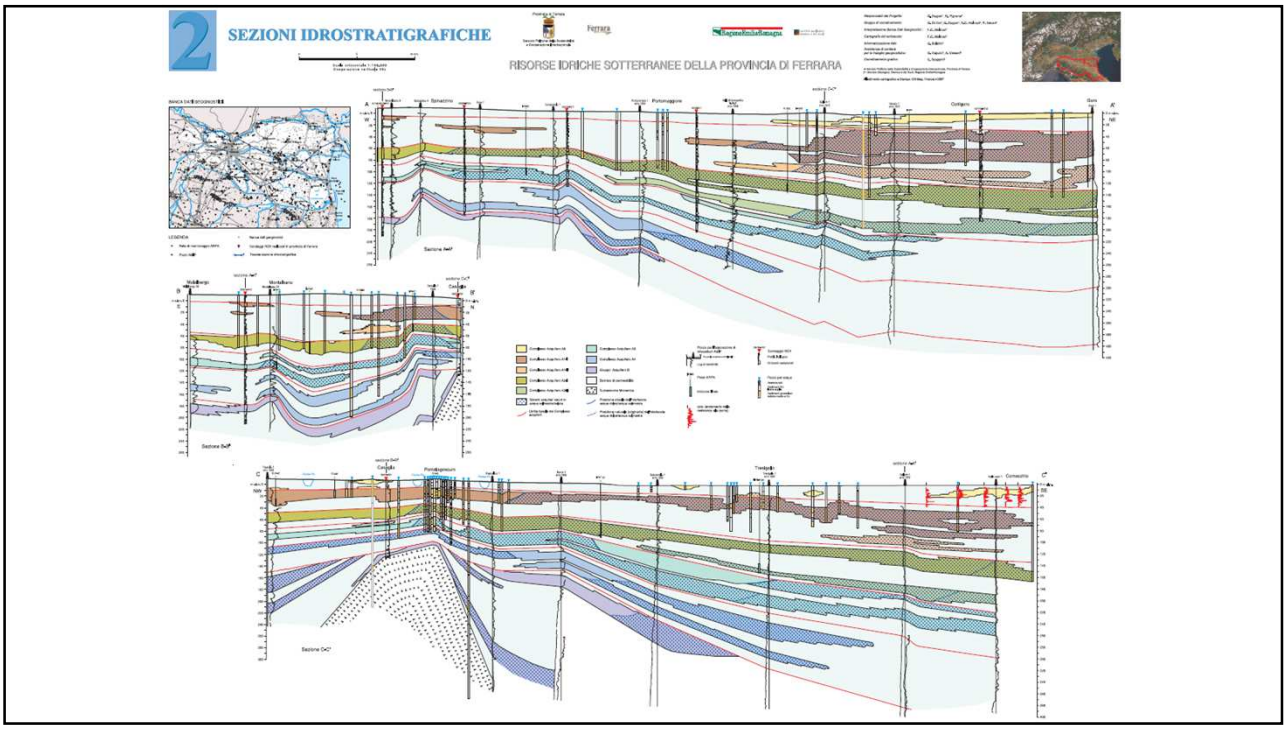


Sezioni trasversali

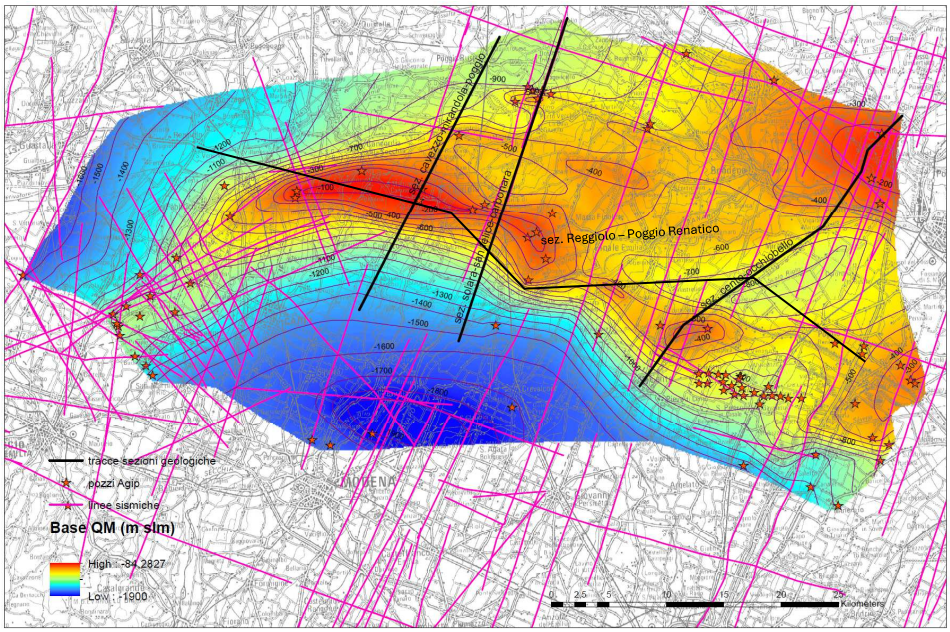


Sezioni longitudinali

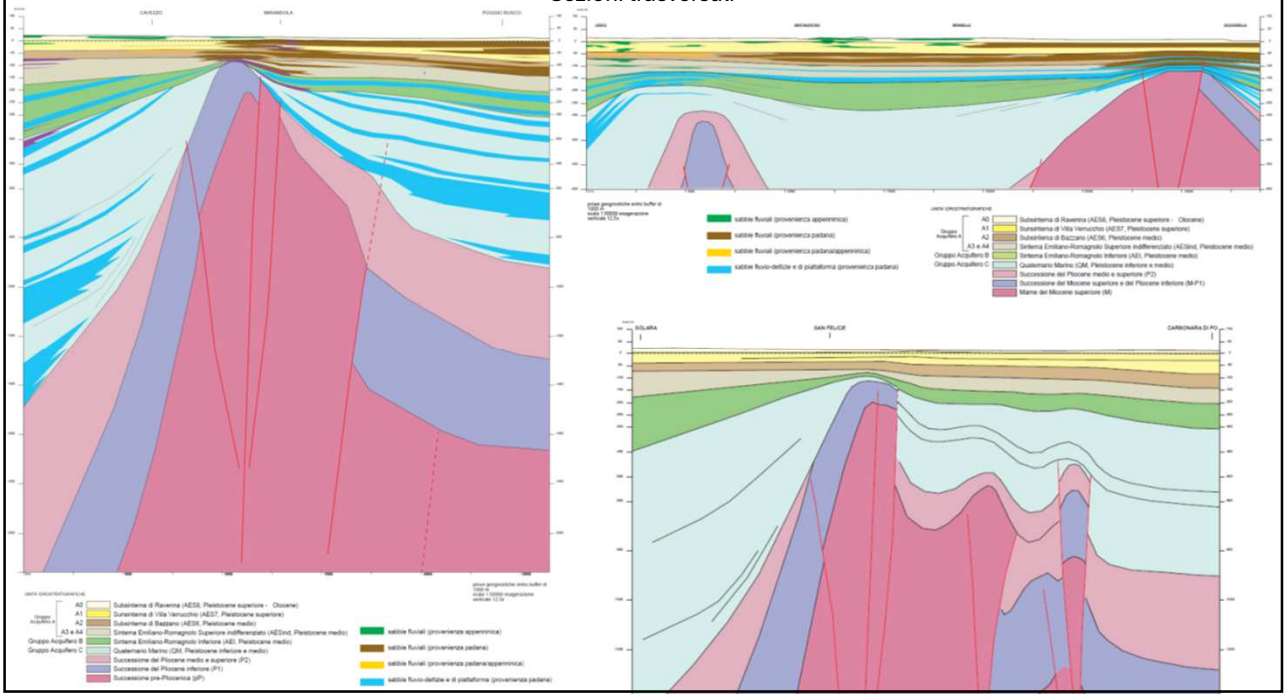




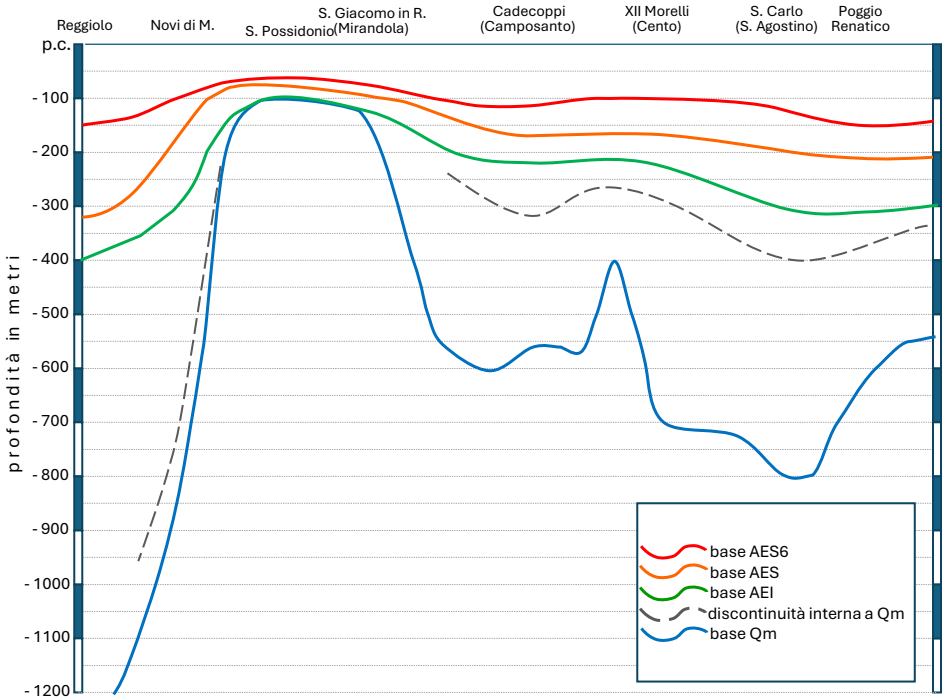
Approfondimento RER (autore Lorenzo Calabrese) realizzato per la MS speditiva a supporto della pianificazione urbanistica e ricostruzione post sisma 2012



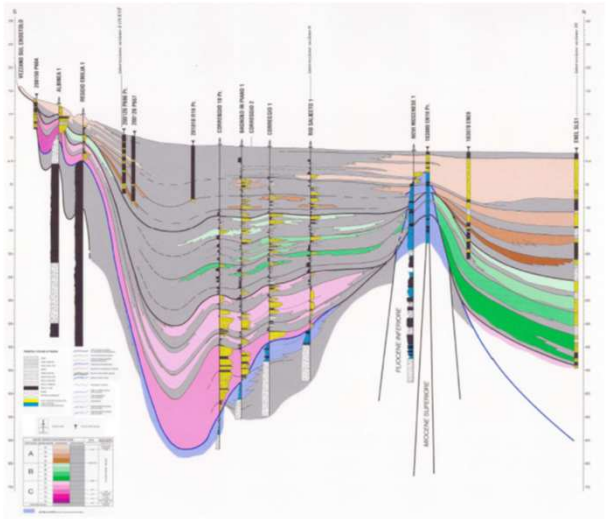
Sezioni trasversali

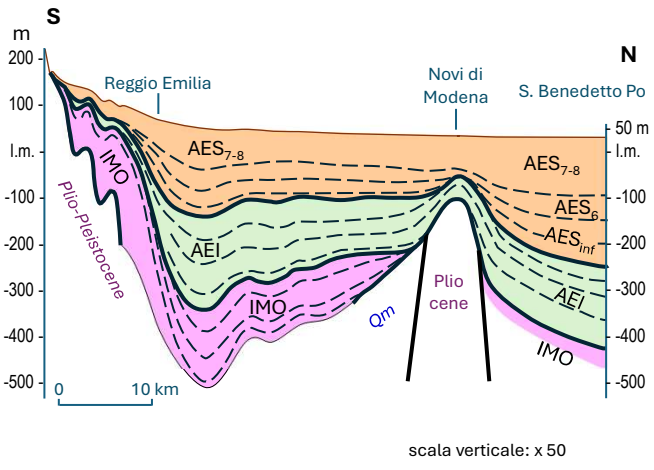


Sezione longitudinale



Esempio di sintesi di una sezione idrostratigrafica
(sez. 3 da RER-ENI, 1998)



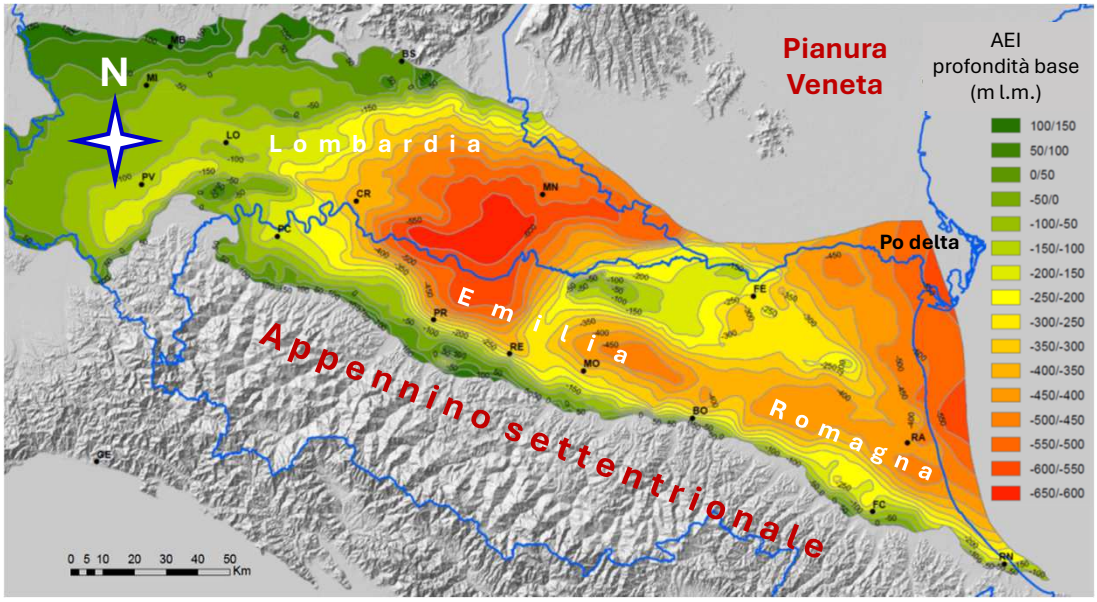


scala verticale: x 50

Mappa di sintesi a scala regionale della base di AEI

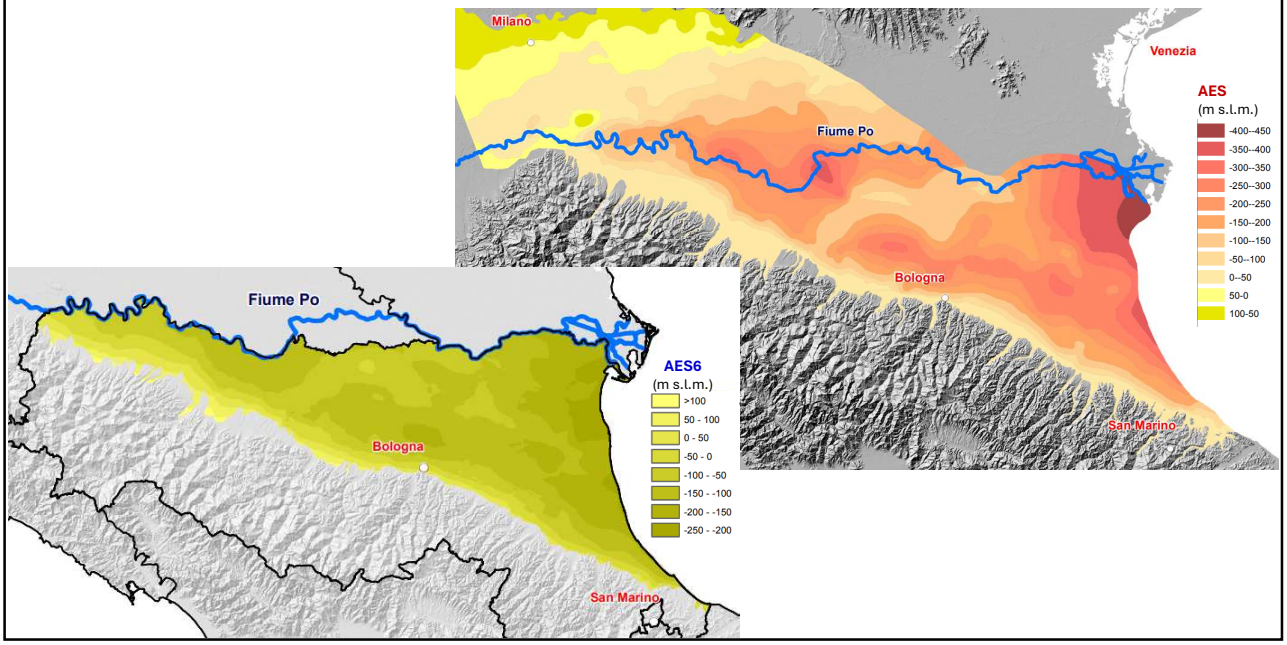
(base della successione continentale/tetto del substrato geologico)

da RER-ENI,1998, RL-ENI, 2002 e completamento a cura di Lorenzo Calabrese e pubblicata nel 2021

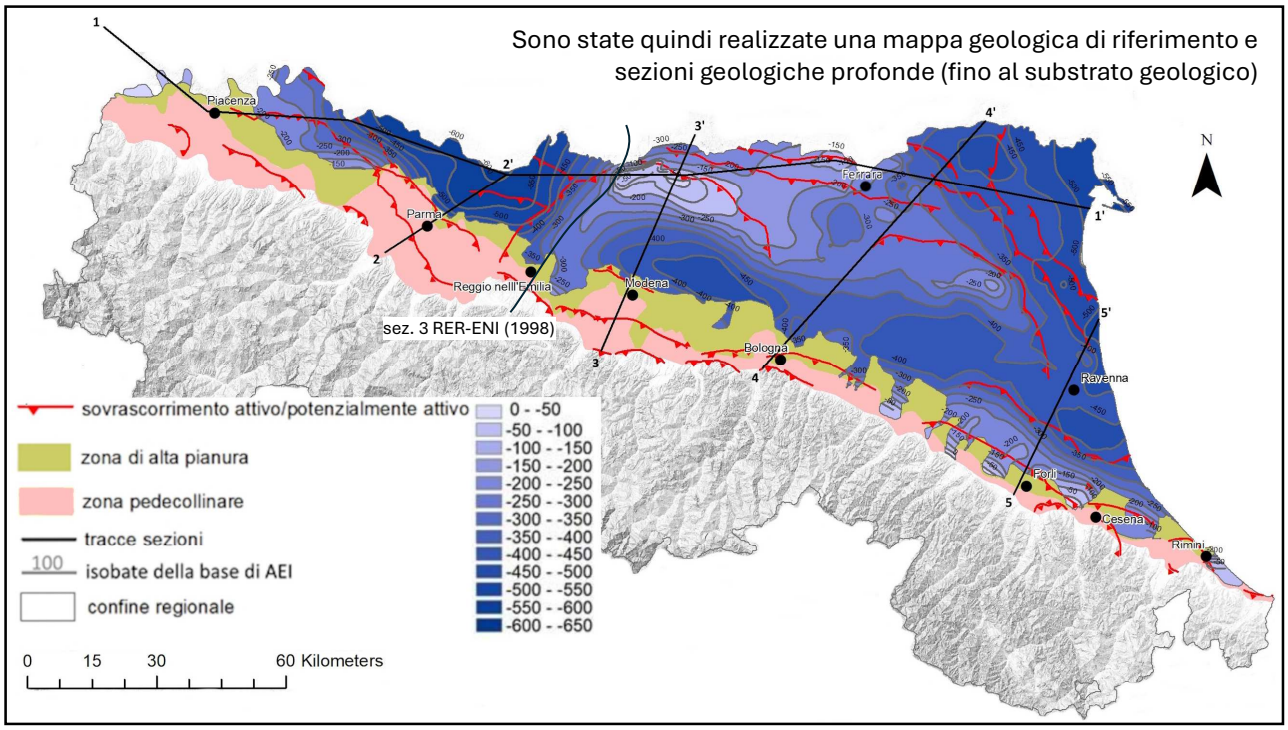


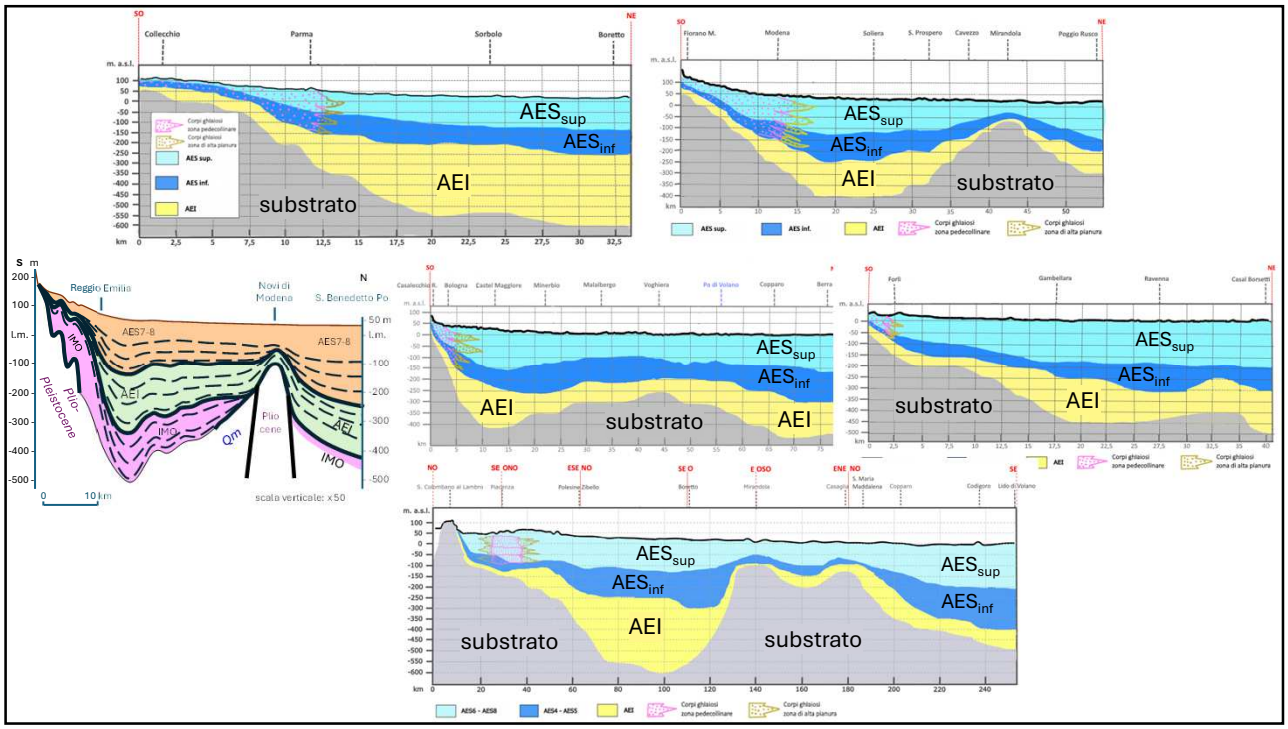
altre cartografie a scala regionale di discontinuità significative del sottosuolo padano/emiliano-romagnolo

(derivate da RER-ENI,1998, RL-ENI, 2002 e completate da L. Calabrese; pubblicate nella Carta Sismotettonica RER, 2017;)



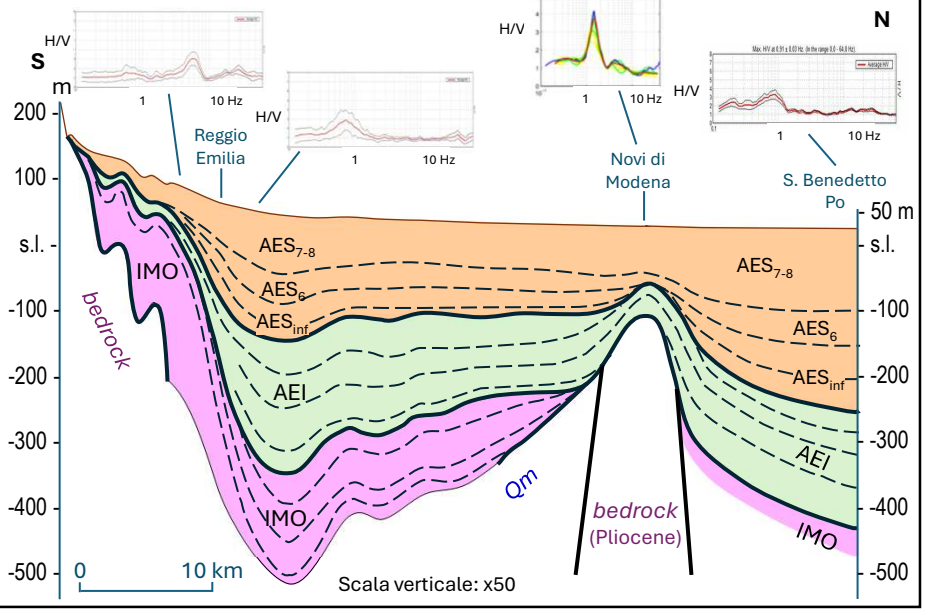
Sono state quindi realizzate una mappa geologica di riferimento e sezioni geologiche profonde (fino al substrato geologico)

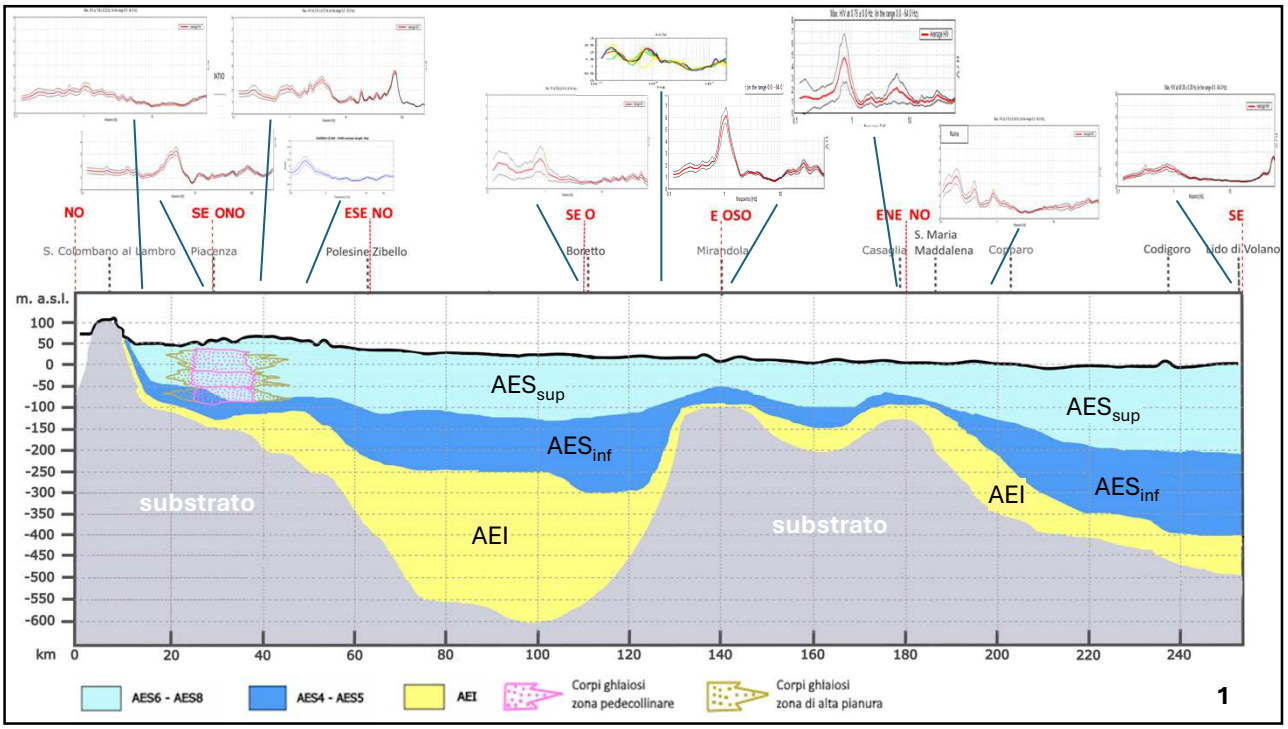


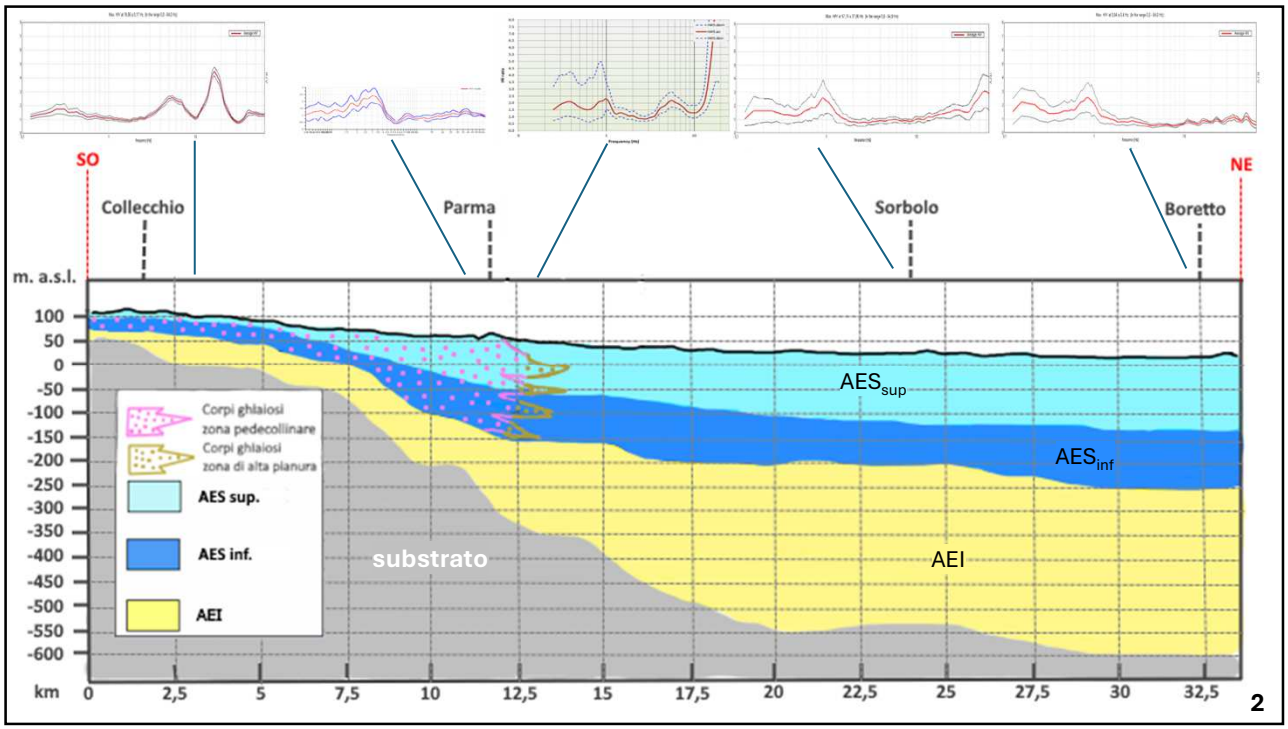


Per individuare in maniera speditiva le discontinuità sismo-stratigrafiche è utile la consultazione dei risultati delle registrazione di rumore ambientale (v. casi di applicazioni nella pianura emiliano-romagnola: Paolucci et al., 2013 e 2015; Tarabusi & Caputo, 2016; Mascandola et al., 2018)

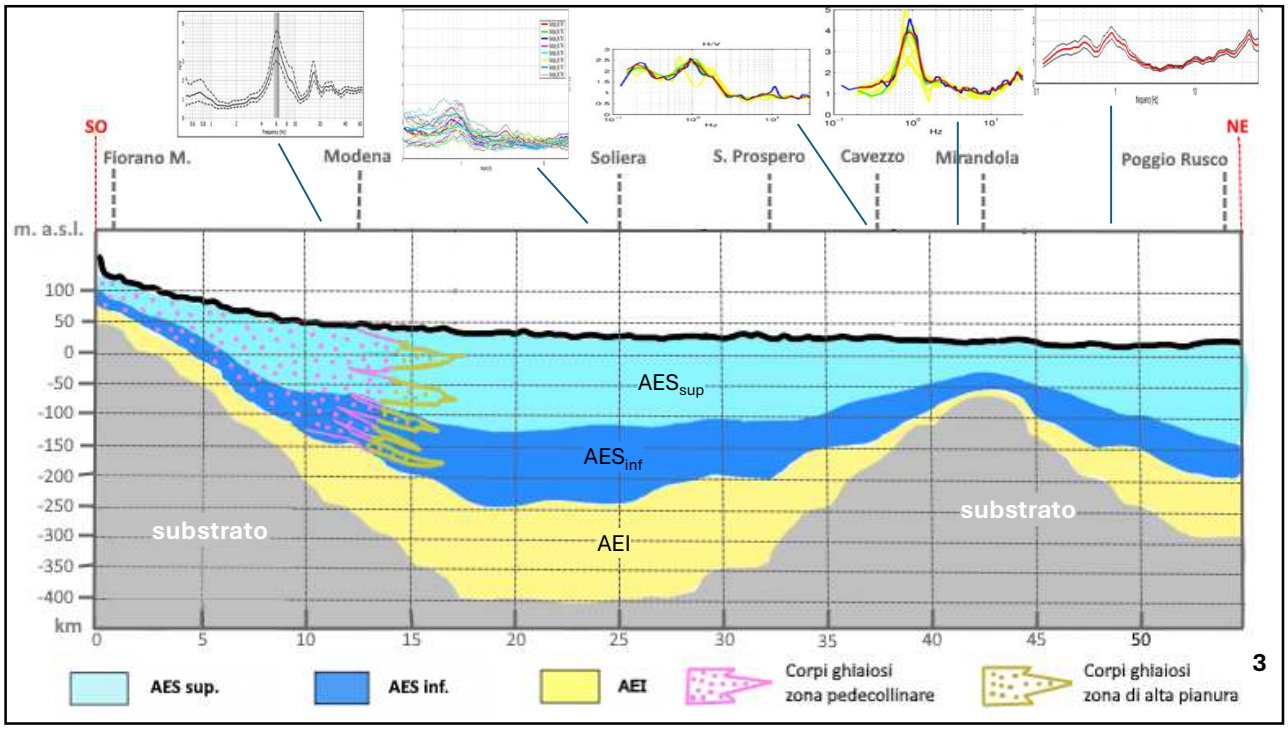
Sulle sezioni sono stati sovrapposti i grafici HVSR disponibili.
Ciò ha permesso di osservare sistematiche relazioni tra frequenze dei picchi HVSR e profondità di alcune delle principali discontinuità stratigrafiche



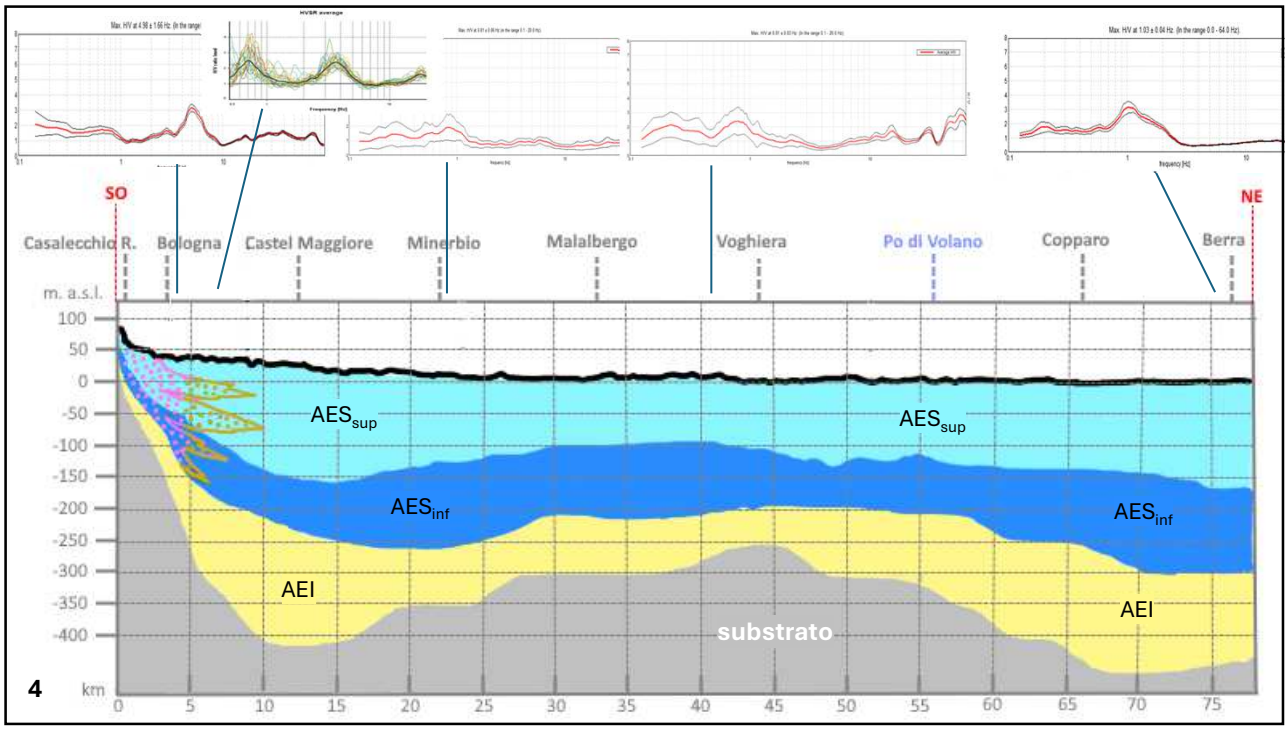



SO
NE
Collecchio
Parma
Sorbolo
Boretto
m. a.s.l.
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
-400
-450
-500
-550
-600
km
0
2,5
5
7,5
10
12,5
15
17,5
20
22,5
25
27,5
30
32,5
Corpi ghiaiosi zona pedecollinare
Corpi ghiaiosi zona di alta pianura
AES sup.
AES inf.
AEI
substrato
AES$_{sup}$
AES$_{inf}$
AEI

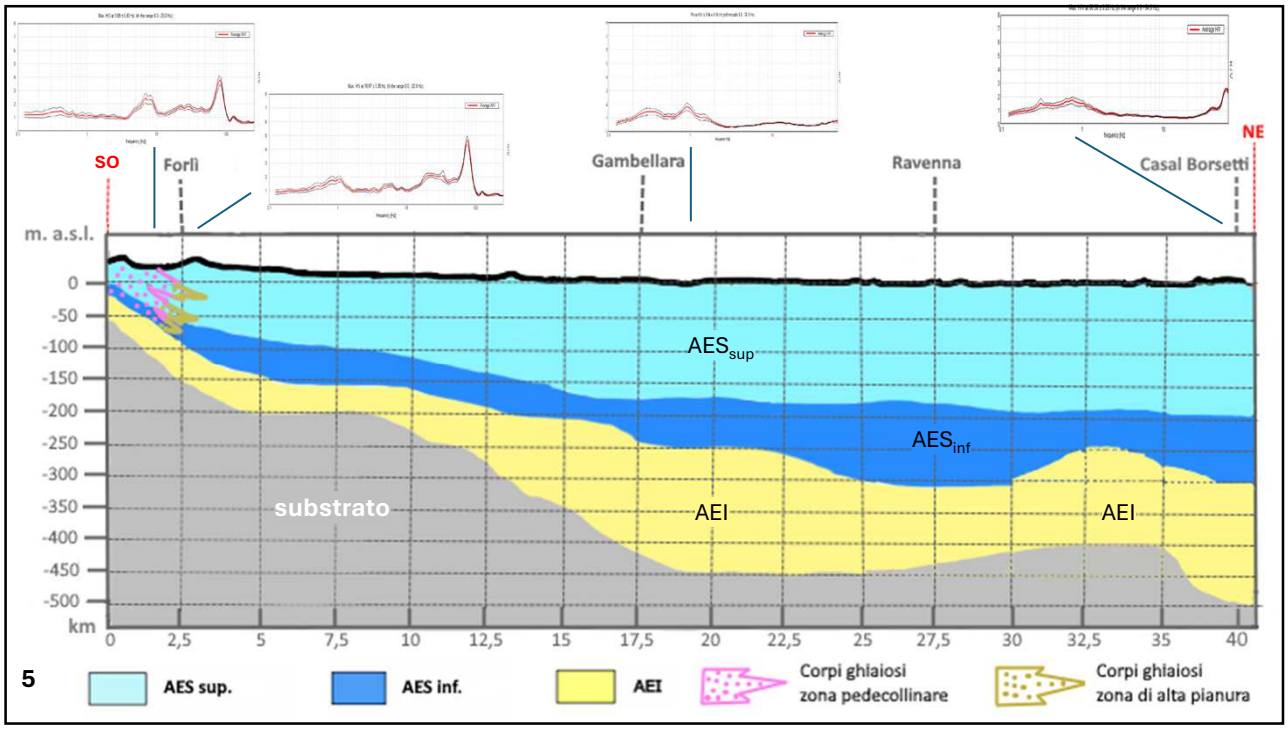
2


SO
NE
Fiorano M.
Modena
Soliera
S. Prospero
Cavezzo
Mirandola
Poggio Rusco
m. a.s.l.
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
-400
km
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
AES$_{sup}$
AES$_{inf}$
AEI
substrato
substrato
AES sup.
AES inf.
AEI
Corpi ghiaiosi zona pedecollinare
Corpi ghiaiosi zona di alta pianura

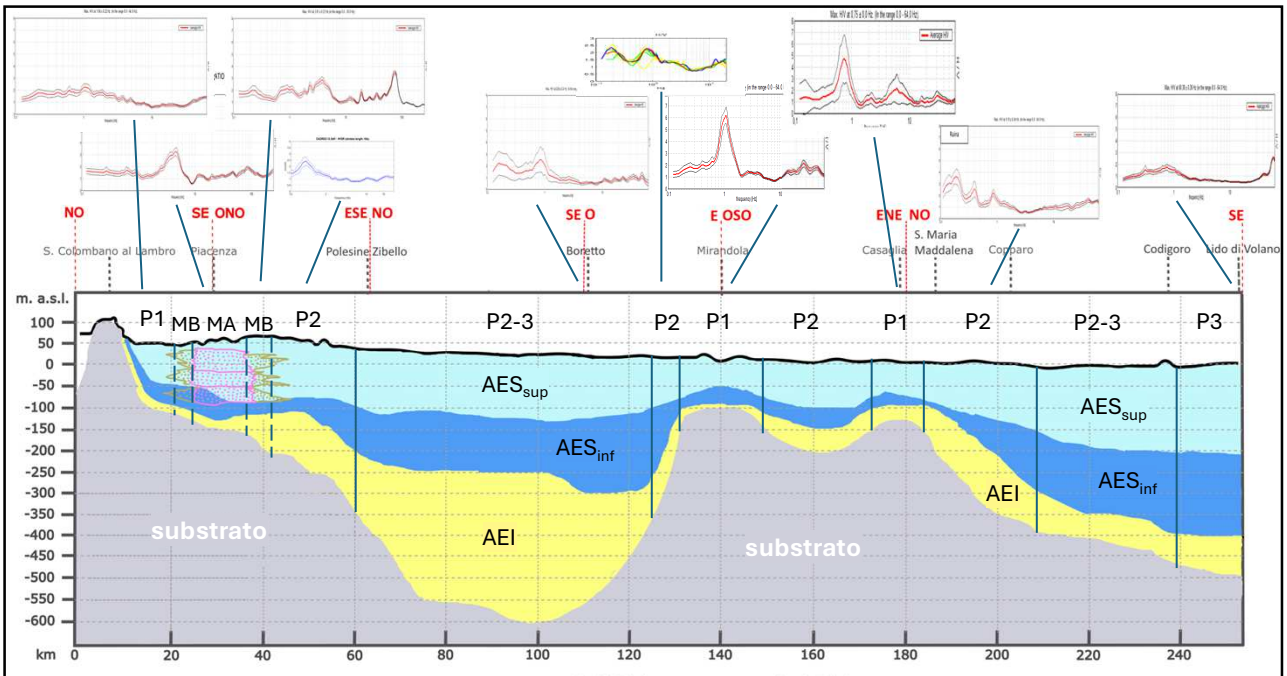
3


SO
NE
Casalecchio R.
Bologna
Castel Maggiore
Minerbio
Malalbergo
Voghiera
Po di Volano
Copparo
Berra
m. a.s.l.
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
-400
AES$_{sup}$
AES$_{inf}$
AEI
substrato
km
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75

4


SO
NE
Forlì
Gambellara
Ravenna
Casal Borsetti
m. a.s.l.
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
-400
-450
-500
AES$_{sup}$
AES$_{inf}$
AEI
substrato
km
0
2,5
5
7,5
10
12,5
15
17,5
20
22,5
25
27,5
30
32,5
35
40
AES sup.
AES inf.
AEI
Corpi ghiaiosi zona pedecollinare
Corpi ghiaiosi zona di alta pianura

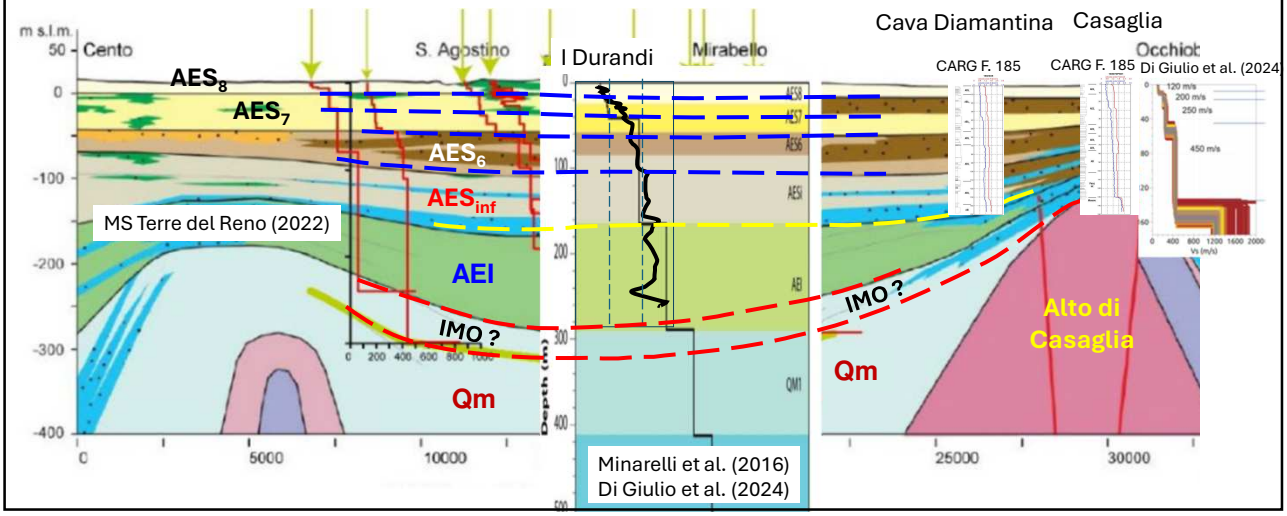
5

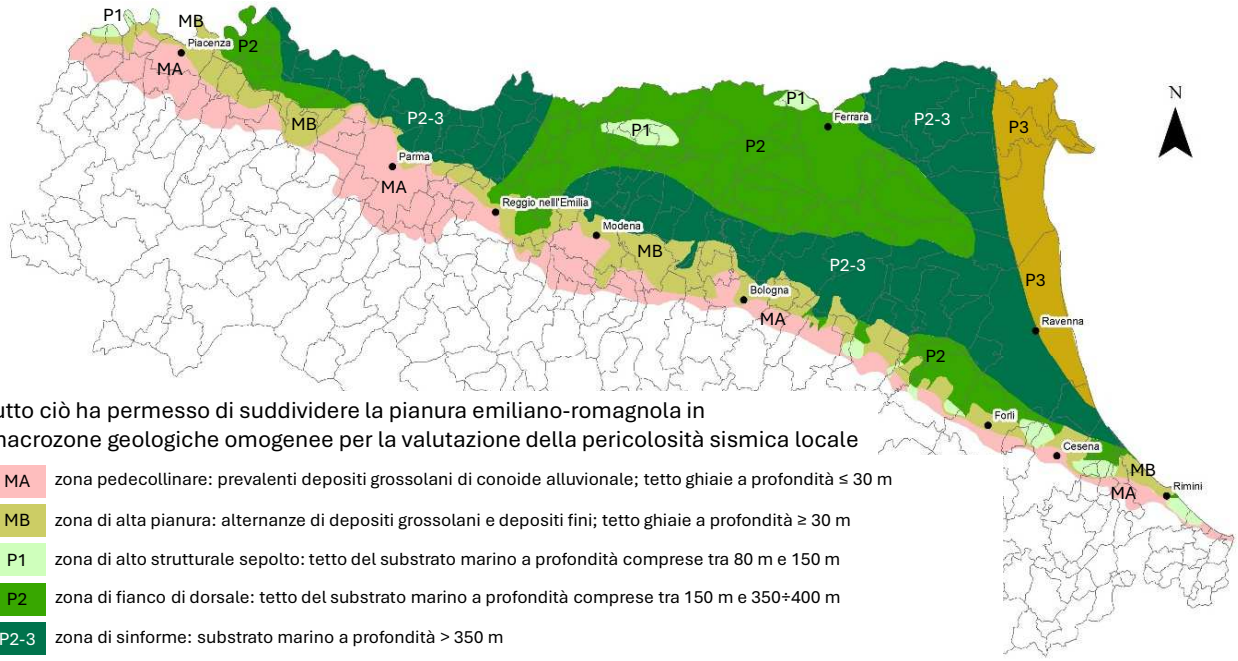


Sono state quindi individuate zone caratterizzate da risultati di registrazioni ambientali e stratigrafia omogenei

Infine, sono stati analizzati i risultati delle prove di Vs (DH, CH, array di misure di rumore ambientale, ...) disponibili per le varie zone perimetrate (v. studi MS, Geosciences 2021, fogli CARG 184 e 185, ...).

Esempio di confronto tra sezioni stratigrafiche e prove geofisiche disponibili





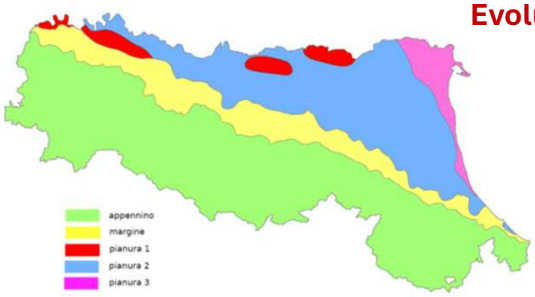
Tutto ciò ha permesso di suddividere la pianura emiliano-romagnola in macrozone geologiche omogenee per la valutazione della pericolosità sismica locale

MA	zona pedecollinare: prevalenti depositi grossolani di conoide alluvionale; tetto ghiaie a profondità ≤ 30 m
MB	zona di alta pianura: alternanze di depositi grossolani e depositi fini; tetto ghiaie a profondità ≥ 30 m
P1	zona di alto strutturale sepolto: tetto del substrato marino a profondità comprese tra 80 m e 150 m
P2	zona di fianco di dorsale: tetto del substrato marino a profondità comprese tra 150 m e 350÷400 m
P2-3	zona di sinforme: substrato marino a profondità > 350 m
P3	delta del Po e costa ravennate-ferrarese: substrato marino a profondità > 350 m; gradiente di Vs costante e minimo

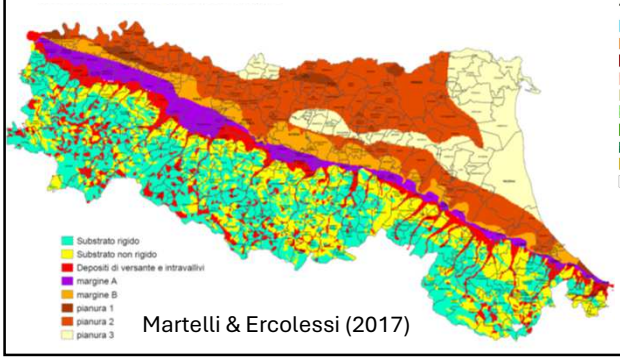
Descrizione sintetica delle macrozone geologiche in prospettiva sismica della pianura emiliano-romagnola

- **MA, zona pedecollinare** (Margine A): successione dominata da depositi grossolani di conoide alluvionale il cui tetto è generalmente a profondità minore di 30 m; picchi HVSR a F>2÷3 Hz, talora di ampiezza elevata; i corpi grossolani hanno comportamento nettamente più rigido della successione soprastante mentre il substrato marino della successione continentale, costituito da depositi marini plio-pleistocenici generalmente fini (marne e sabbie), non presenta un marcato aumento di rigidità (nessun picco HVSR alle basse frequenze); il tetto dei corpi grossolani costituisce la principale discontinuità di Vs in questa zona;
- **MB, zona di alta pianura** (Margine B): successione costituita da alternanze di depositi grossolani di conoide alluvionale e depositi più fini (argille, limi e sabbie); il tetto dei depositi grossolani è generalmente a profondità di almeno 30 m; picchi HVSR a F>2 Hz e a F≤1 Hz, generalmente quelli alle alte frequenze sono di maggiore ampiezza; anche in questa zona il tetto dei corpi grossolani costituisce la principale discontinuità di Vs; tuttavia, si rilevano altre discontinuità minori più profonde quali, ad esempio, le *unconformities* interne e quella basale della successione continentale;
- **P1, zona di alto strutturale sepolto** (Pianura 1): tetto del substrato marino a profondità comprese tra 80 m e 150 m; picchi HVSR a F≤1 Hz, generalmente di ampiezza elevata; il substrato rigido coincide con il substrato marino; modesti incrementi di Vs si rilevano in corrispondenza delle *unconformities* della successione continentale;
- **P2, zona di fianco di dorsale** (ex Pianura 2): tetto del substrato marino a profondità comprese tra 150 m e 350÷400 m; picchi HVSR a F<0,5 Hz e a 0,6<F<1 Hz, generalmente di ampiezza modesta; il substrato rigido è dato dal substrato marino; si rilevano modesti incrementi di Vs in corrispondenza delle principali *unconformities* di AES;
- **P2-3, zona di sinforme** (ex Pianura 2): substrato marino a profondità di almeno 400 m; picchi HVSR a F<0,3 Hz e a 0,6<F<1 Hz, generalmente di ampiezza modesta; il substrato rigido è dato dal substrato marino; anche in questa zona si rilevano modesti incrementi di Vs in corrispondenza delle principali *unconformities* di AES;
- **P3, delta del Po e costa ravennate-ferrarese** (Pianura 3): substrato marino a profondità maggiore di 350 m; picchi HVSR assenti o a F<0,3 Hz, generalmente di ampiezza modesta; assenza di contrasti di Vs nella successione continentale; l'aumento della Vs è graduale con la profondità e il substrato rigido è dubitativamente considerato coincidente con il substrato marino.

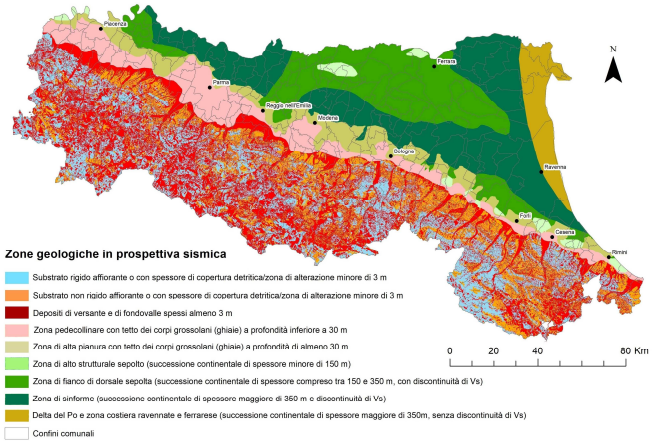
Evoluzione della macrozonazione geologica-sismica a scala regionale



Tento et al. (2015)



Martelli & Ercolessi (2017)



Martelli & Carloni (2026) in « Relazione tecnica finale delle attività svolte per la redazione di una mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna a partire dai dati macrosismici disponibili per le località dell'area»

https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/microzonazione-sismica

GRAZIE DELL'ATTENZIONE

giacomo.carloni@regione.emilia-romagna.it

luca.martelli @regione.emilia-romagna.it

RegioneEmilia-Romagna
SETTORE DIFESA DEL TERRITORIO

area geologia suoli e sismica