



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia Romagna



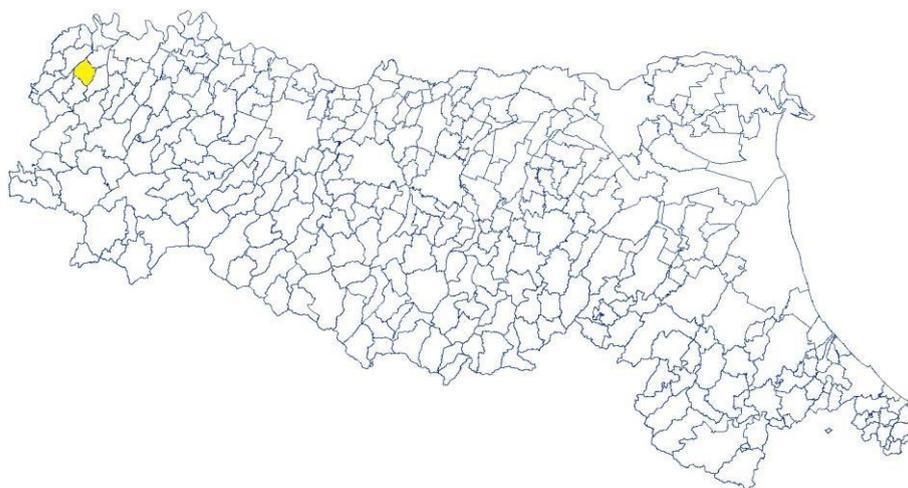
CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna Comune di Agazzano (PC)



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA	<p>GEOLAMBDA Engineering S.r.l.</p> <p>www.geolambda.eu - e-mail segreteria@geolambda.it pec: geolambda@geolambda.viapec.it</p> <p><small>GEOLAMBDA Engineering S.r.l. Sede legale: via Scarfatti, 26 - 20124 Milano (MI) Sede operativa: via A. Diaz, 22 - 26845 Codogno (LO) tel. (+39) 0377.433021 fax (+39) 0377.402035 Codice Fiscale e Partita IVA 06763240964 Iscrizione C.C.I.A.A.: MI-2018011 Capitale sociale € 50.000 i.v.</small></p>	settembre 2021

INDICE

1 - INTRODUZIONE	3
2 – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA’ DI BASE, DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO E CONTESTO STRUTTURALE-TETTONICO	4
3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO	9
DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA.....	10
SUCCESIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO	11
SUCCESIONE EPILIGURE	13
UNITA’ LIGURI.....	14
4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	18
5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO	22
6 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	23
7 – METODOLOGIE DI ELABORAZION E RISULTATI.....	24
8 – ELABORATI CARTOGRAFICI	25
8.1 Carta delle Indagini.....	25
8.2 Carta geologico tecnica.....	26
8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	28
8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	30
8.5 – Carta delle Vs	34
8.6 – Carta di microzonazione sismica di secondo livello.....	35

1 - INTRODUZIONE

Il Comune di Agazzano rientra tra i Comuni caratterizzati da $ag < 0.125g$ per i quali, con Delibera di Giunta Regionale n. 2245/2018 e successiva Determinazione del Responsabile del Servizio Geologico, sismico e dei suoli n. 6559 del 11/04/2019, è stata prevista la concessione dei contributi per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica di secondo livello (MS2) e l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE).

A seguito dei più recenti eventi sismici sono stati osservati effetti differenti derivanti non solo dall'estrema varietà delle tipologie costruttive che costituiscono il patrimonio edilizio ed infrastrutturale del nostro Paese, ma anche da una diversa pericolosità sismica locale, ovvero il modo in cui le onde sismiche si propagano e si manifestano, condizionate a loro volta dalle caratteristiche geometriche, sismo-stratigrafiche e di instabilità di suolo e sottosuolo. La conoscenza di dette condizioni di amplificazione e di instabilità, definite attraverso gli Studi di Microzonazione Sismica (MS), è un valido strumento di prevenzione se adeguatamente applicato in fase di pianificazione territoriale e di progettazione strutturale.

La Regione Emilia-Romagna ha disciplinato in via generale la tutela e l'uso del territorio con la L.R. 20/2000 ed ha affrontato in modo specifico le problematiche connesse al rischio sismico con la L.R. 19/2008, ritenendo parte integrante della pianificazione urbanistica comunale gli studi di Microzonazione Sismica (MS), a integrazione delle direttive di cui alla D.A.L. 112/2007.

A seguito del sisma del maggio 2012 che ha colpito un'ampia fascia di territorio emiliano e romagnolo, i criteri per gli studi di MS sono stati aggiornati e disciplinati dalla D.G.R. 2193/2015 e dalla DGR 630/2019 "*Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r. n. 24/2017)*". Quest'ultimo rappresenta il documento di riferimento in attuazione delle linee guida nazionali "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" del Dipartimento di Protezione Civile e della Conferenza delle Regioni e Province Autonome (ICMS, 2008).

La MS prevede tre livelli di approfondimento con grado di approfondimento e dettaglio crescenti:

LIVELLO I: si applica tipicamente in sede di PSC (ad una scala di maggior dettaglio rispetto alla pianificazione sovraordinata del PTCP) e consente di delineare gli scenari di pericolosità sismica identificando le porzioni di territorio suscettibili di effetti sismici locali.

LIVELLO II: si applica in sede di PSC a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche che comportano un incremento dei carichi urbanistici/insediativi e all'interno dei "centri abitati";

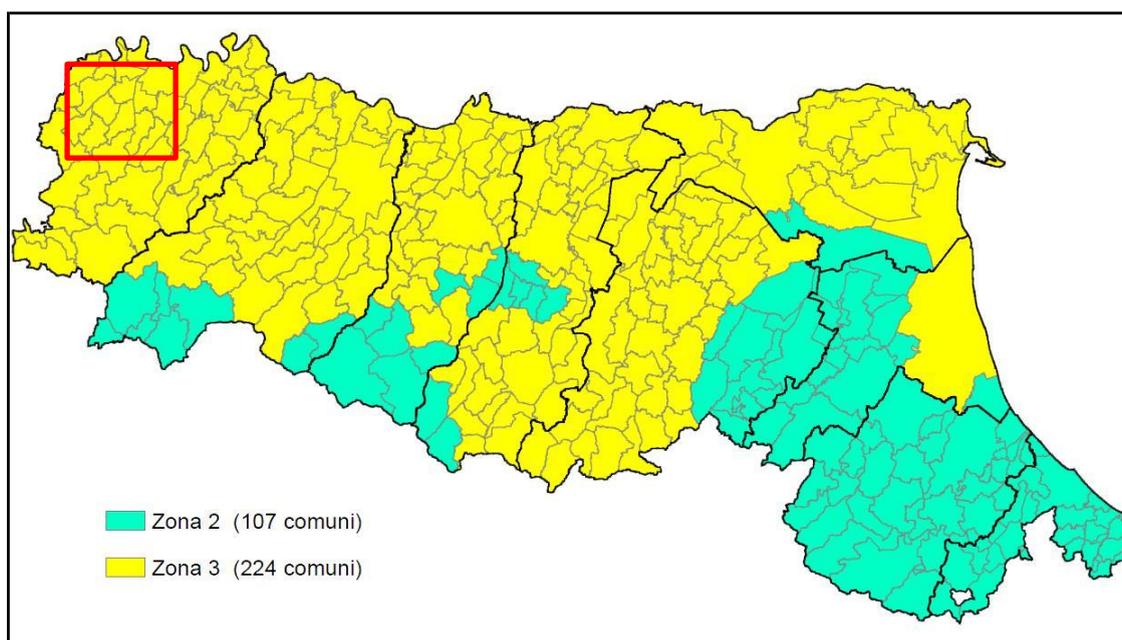
LIVELLO III: si applica tipicamente in sede di POC per le scelte di trasformazione urbanistica nelle aree con particolari criticità geologiche, geomorfologiche e geotecniche. Si applica altresì alle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Il Comune di Agazzano si estende su una superficie di circa 36 km² e confina con il Comune di Gazzola ad E, di Gragnano Trebbiense a N, con i Comuni di Piozzano e Pianello Val Tidone a SSW e con il Comune di Borgonovo Val Tidone a NW.

Oltre al capoluogo (Agazzano), sul territorio comunale sono presenti numerose frazioni; le principali sono: Sarturano, Rivasso, Castano, Casaleggio, Tavernago.

2 – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE, DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO E CONTESTO STRUTTURALE-TETTONICO

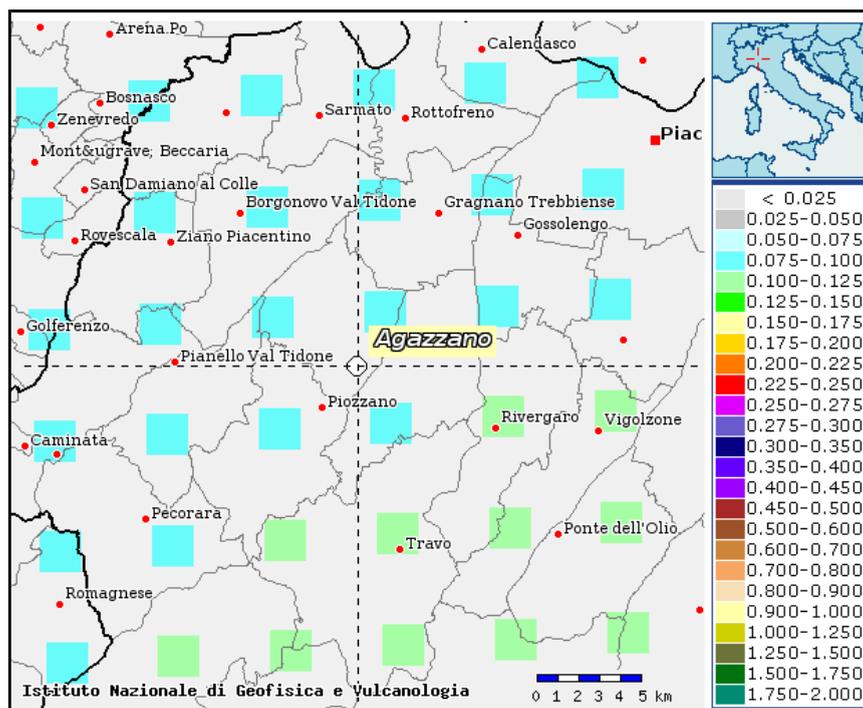
La D.G.R. 1164/2018 classifica il Comune di Agazzano in **zona sismica 3**, caratterizzato quindi da una bassa sismicità (figura seguente).



Classificazione sismica del territorio regionale – D.G.R. 1164/2018.

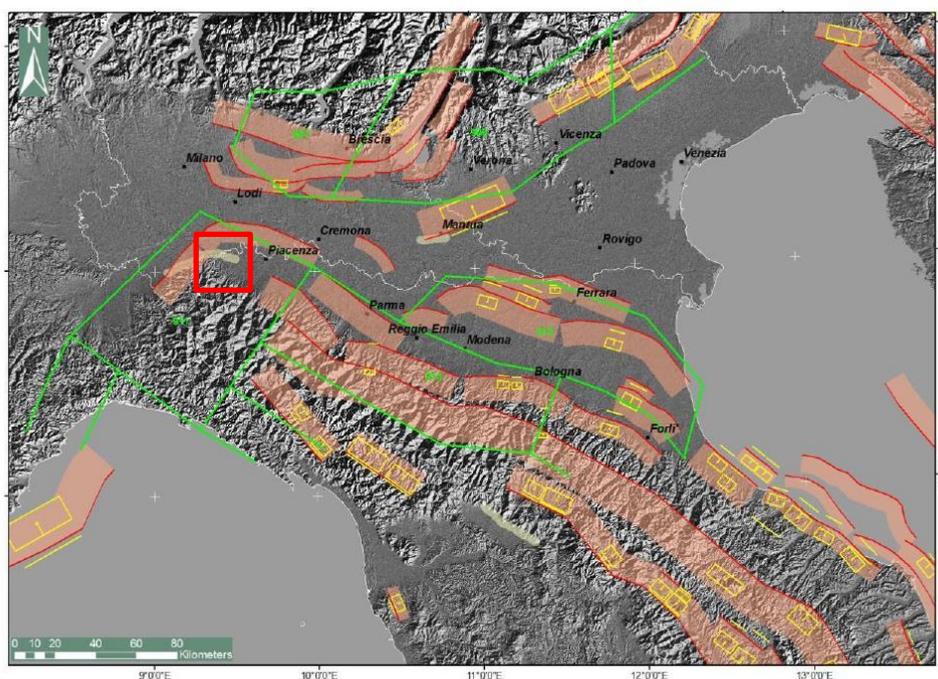
Nell'immagine successiva si riporta un estratto della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (elaborazione INGV 2006 e 2008 - valore di accelerazione orizzontale con la probabilità del 10% di essere ecceduto almeno una volta nei prossimi 50 anni su suolo rigido – periodo di ritorno di 475 anni) centrato sul territorio di Agazzano, da cui si ricava che l'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido è contenuta nell'intervallo tra 0.075g e 0.100 g (la mappa di pericolosità sismica costituisce il riferimento di partenza per il calcolo dell'azione sismica del D.M. 17.01.2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”).

Coerentemente con la Mappa di PS, nell'allegato A4 della D.G.R. 630/2019 per il Comune di Agazzano il valore di **a_{gref}** (10% di probabilità di superamento in 50 anni) **risulta compreso tra 0.0976g e 0.0996g** (valore minimo e massimo dei vertici della griglia INGV che contengono il territorio comunale).



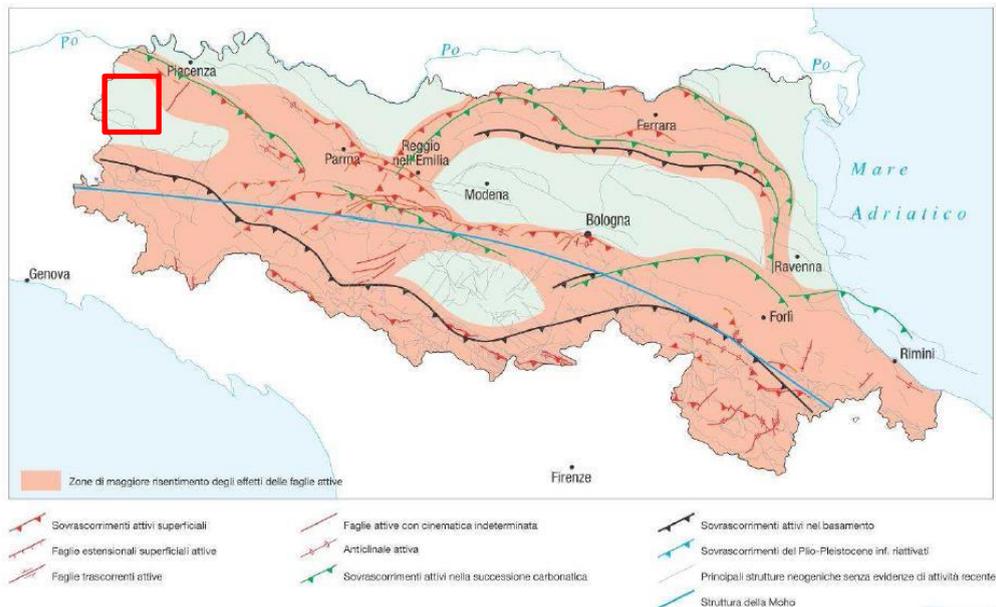
Mappa della pericolosità sismica relativa all'area di Agazzano (valori di PGA espressi in frazione di g - 10% di probabilità di eccedenza nei prossimi 50 anni e smorzamento al 5%).

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al. 2008), utilizzata per la redazione della carta di pericolosità sismica nazionale, il territorio di Agazzano rientra nella zona sismogenetica 911 "Tortona-Bobbio", caratterizzata da una magnitudo massima pari a $M = 6.14$ e da un meccanismo di fagliazione prevalente di tipo trascorrente.



Zonazione sismogenetica ZS9 e principali (in verde) sorgenti sismogenetiche tratte dal database DISS 3.2.1.

Dal punto di vista tettonico e strutturale, il territorio in esame si colloca in prossimità delle “pieghe emiliane” che costituiscono delle strutture sepolte, ma non risulta direttamente caratterizzato dalla presenza di strutture attive in grado di generare terremoti (le cosiddette “faglie capaci” – catalogo DISS 3.2.1.).



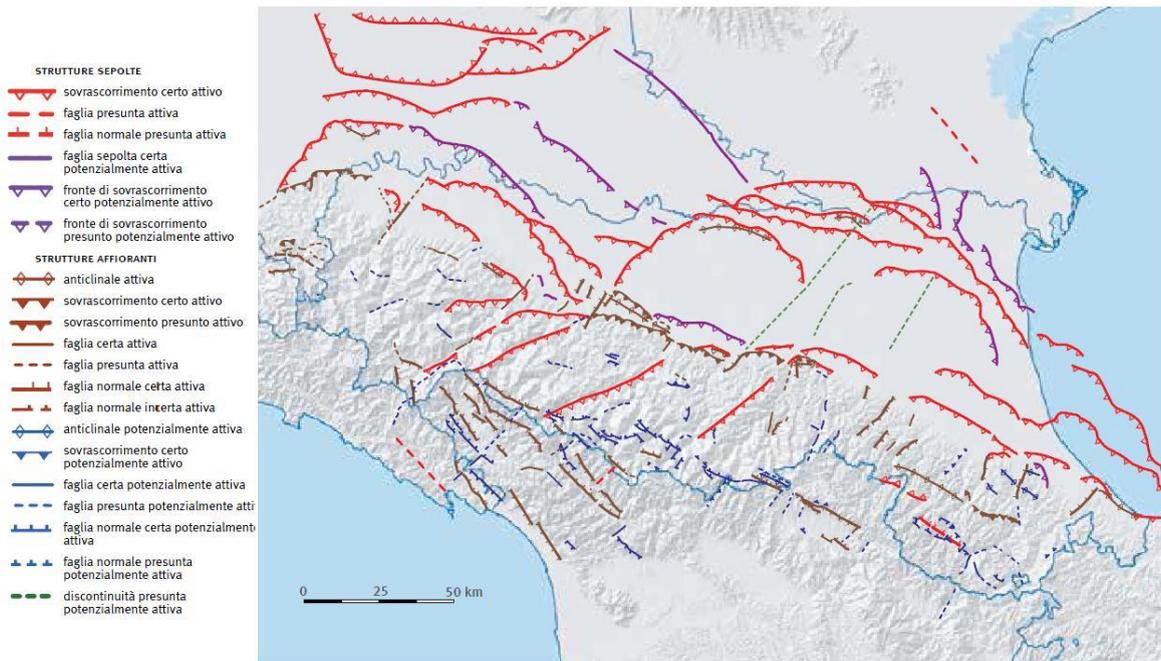
Zone di maggior risentimento delle faglie attive (retino rosa) con ubicazione del territorio di Agazzano.

Facendo riferimento allo studio di Vannoli et al. (2015) e Martelli et al. (2017), il territorio in esame si colloca tra la proiezione in superficie di due principali sovrascorrimenti: il sistema pedeappenninico (PFT – Pieri e Groppi, 1981; Barberi e Scandone, 1983) e gli archi esterni del fronte appenninico (EA-FRA).

Le strutture ad arco immergenti verso SSW-SW, presenti nel sottosuolo della Pianura Padana (EA-FRA), hanno controllato la deposizione di spesse successioni di sedimenti marini tra il Messiniano e il Pleistocene inferiore (c.d. “bacini di piggyback”), ricoperti dai depositi continentali del Po e dei suoi affluenti nel Pleistocene medio-Olocene.

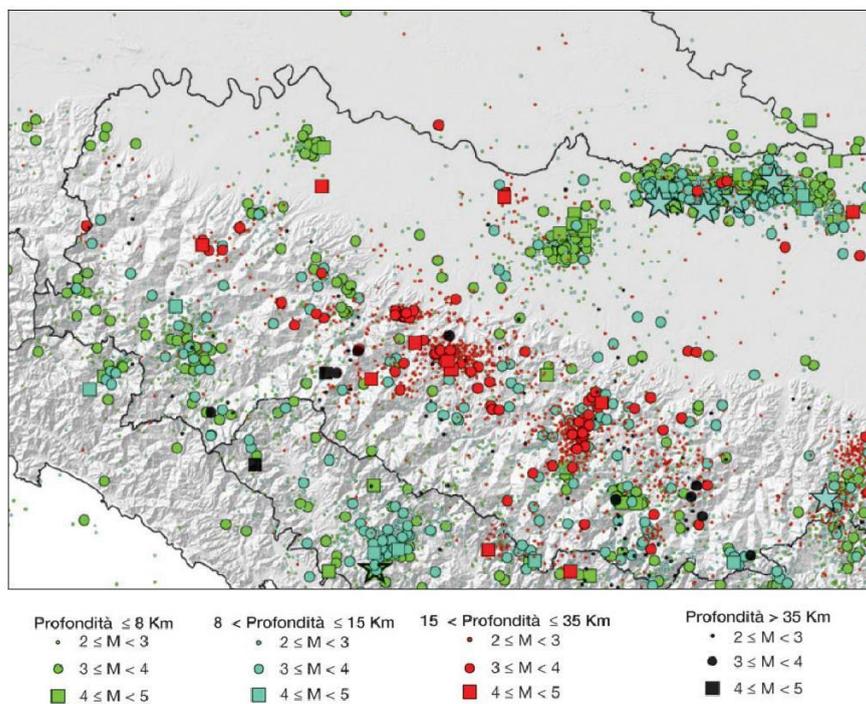
Queste dorsali sepolte (“Pieghe Emiliane” e “Pieghe Ferraresi” di Pieri e Groppi, 1981) sono i fronti della catena appenninica; gli archi proseguono verso sud-est in Adriatico, lungo la costa romagnola e marchigiana (“Pieghe Adriatiche” di Pieri e Groppi, 1981), dove si uniscono alle pieghe e thrust della costa marchigiana, continuazione verso sud del sistema di thrust pede-appenninico.

L’attività recente di questi fronti sepolti si è resa manifesta con la deformazione dei depositi del Pleistocene medio-superiore (Boccaletti et al., 2004, 2011) e con l’attività sismica che mostra una distribuzione spaziale arcuata perfettamente corrispondente alle dorsali sepolte. La sismicità è generalmente superficiale (profondità ipocentrale ≤ 10 km) e gli epicentri si concentrano in specifici settori, soprattutto lungo le Pieghe Ferraresi, che anche recentemente sono state interessate da sequenze sismiche importanti, quali quella di Reggio Emilia dell’ottobre 1996 e quella di Finale Emilia-Mirandola del maggio 2012 (ISIDE Working Group INGV, 2015).



Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive – Carta Sismotettonica della Regione ER – Servizio Geologico Regionale, 2017.

Le strutture tettoniche dell'arco esterno (sistema EA-FRA), unitamente alle strutture del sistema di sovrascorrimento pedeappenninico (PFT), sono tra le principali cause della sismicità dell'appennino piacentino con una magnitudo massima osservata $M \approx 5.7$ (figura 7, Vannoli et al., 2015).



Mapa dei terremoti strumentali $MW > 2$ - Carta Sismotettonica della Regione ER – Servizio Geologico Regionale, 2017)

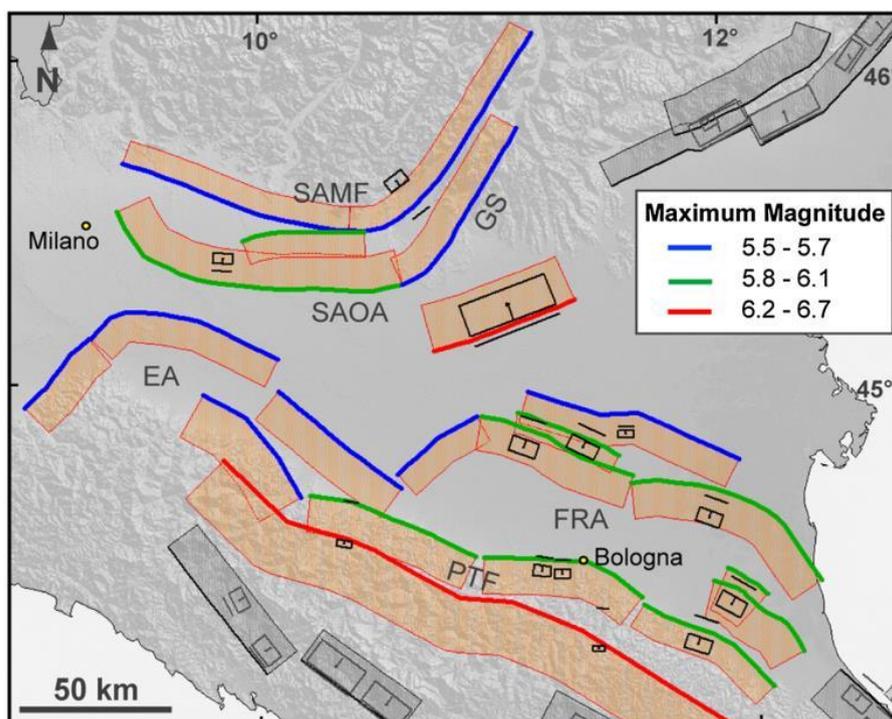


Figura 8: Massima magnitudo attesa per tutte le sorgenti sismogenetiche contenute nel catalogo DISS – Vannoli et al. 2015.

Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall’Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che:

- l’area comunale e quella dell’alto piacentino, nel loro complesso, sono caratterizzate da una pericolosità sismica determinata dall’alta frequenza di eventi moderati (intensità macrosismica $I_{MCS} > 5-6$) e dalla bassa frequenza di eventi più energetici (intensità macrosismica $I_{MCS} > 6-7$);
- le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono dalla Val Trebbia (a cui va aggiunto l’evento del 03/10/2012 di magnitudo pari a 4.5) e da zone appartenenti alle province vicine, corrispondenti al Parmense ed al Ferrarese e, soprattutto, all’Appennino Emiliano-Romagnolo.

Tale fatto è compatibile con la storia sismica locale così come deducibile dal catalogo DBMI15 v2.0, il database utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) aggiornato al 2017 (a cura di M. Locati et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al comune di Agazzano.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
NF	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25
4	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Storia sismica di Agazzano: numero eventi riportati=10

3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

L'Appennino settentrionale si è sviluppato in un arco di tempo che dal Cretaceo giunge sino all'epoca attuale, in seguito alla collisione tra due blocchi continentali, la zolla europea (o sardo-corsa), e la microplacca Padano-Adriatica (o Adria), inizialmente connessa alla zolla africana. Il processo di collisione tra queste due zolle continentali è stato preceduto dalla chiusura di un'area oceanica interposta tra di esse: il paleo-oceano ligure o ligure-piemontese. La catena deriva così dalla complessa deformazione dei sedimenti depositi nei differenti domini paleogeografici mesozoici: il Dominio ligure, corrispondente in larga misura all'area oceanica, il Dominio epiligure, che si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il Dominio subligure, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il Dominio tosco-umbro, di pertinenza africana.

Alla fine del processo deformativo i sedimenti di questi domini risultano traslati e sovrapposti in modo assai complesso, strutturati in unità ed elementi tettonici (interessati da un trasporto significativo rispetto al loro originario dominio di sedimentazione), oppure in successioni stratigrafiche (interessate da un minor grado di alloctonia); le principali unità e successioni affioranti nel territorio regionale (collinare e montano) sono le Unità liguri, la Successione epiligure, la Falda toscana, l'Unità Modino, la Successione Cervarola, la Successione umbro-marchigiano-romagnola.

Dal Messiniano in poi anche le zone esterne della catena e l'avampaese padano sono coinvolte nelle fasi deformative. La progressiva migrazione delle falde verso est provoca la flessura dell'antistante avampaese padano ed al fronte della catena si forma l'avanfossa molassica padano-adriatica. Durante il Messiniano superiore, dopo la deposizione delle evaporiti (causata dal temporaneo isolamento del Mediterraneo), in corrispondenza della attuale Pianura Padana inizia il nuovo ciclo sedimentario caratterizzato da sedimentazione per lo più torbiditica. Con l'ingressione marina del Pliocene si ristabilisce un ambiente marino franco, con deposizione prevalentemente di peliti, e in

minor misura di torbiditi arenaceo-pelitiche. Tra il Pliocene e il Pleistocene inferiore-medio l'avanfossa padana adriatica si colma gradualmente con la deposizione di argille di ambiente progressivamente meno profondo e con la successiva deposizione di sabbie continentali o al più costiere. La progressiva deformazione e l'emersione della catena proseguono fino al Quaternario, coinvolgendo ampi tratti all'interno dell'avanfossa padana; lungo il bordo appenninico padano i sedimenti plio-quaternari risultano piegati in corrispondenza del "Lineamento Frontale Appenninico", che rappresenta il punto di raccordo fra la catena in sollevamento e quella sepolta.

Per l'inquadramento delle Unità geologico-stratigrafiche e tettoniche che compongono il substrato del territorio comunale si è fatto riferimento alle Unità Geologiche Regionali presenti nella Cartografia del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e reperibile nel "Catalogo dei dati geografici"

Le Unità del margine appenninico settentrionale sono cartografate in quattro grandi gruppi, così come presentato nella "*Carta geologica*" redatta nello studio geologico del PSC:

1. depositi quaternari intrappenninici continentali privi di una formale connotazione stratigrafica;
2. la Successione post-evaporitica del margine Padano-Adriatico;
3. la Successione Epiligure;
4. le Unità Liguri.

L'ordine di presentazione rispecchia quello di sovrapposizione tettonica e stratigrafica: la Successione post-evaporitica del margine padano-adriatico, infatti, è più recente e più superficiale rispetto all'edificio a falde appenninico, mentre le Unità Liguri e Subliguri sono le più antiche e costituiscono in genere le porzioni più profonde della catena appenninica.

DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Questi depositi formano fasce lungo le aste dei principali corsi d'acqua (depositi alluvionali), oppure si trovano in corrispondenza di versanti per effetto della gravità, degli agenti esogeni e dell'acqua.

Depositi alluvionali.

Si tratta dei depositi alluvionali, generalmente grossolani (ghiaie prevalenti), presenti all'interno dell'alveo dei principali corsi d'acqua (alluvioni attuali) o sviluppati in modo discontinuo nelle fasce perfluviali (alluvioni medio-recenti).

Le alluvioni medio-recenti hanno raramente delle coperture fini mentre eventuali fenomeni pedogenetici sono presenti in modo alquanto primitivo.

Depositi derivanti da movimenti gravitativi di massa.

Sono qui comprese le litologie caotiche che costituiscono gli accumuli derivanti da fenomeni franosi con movimenti in atto (“Deposito di frana attiva”) o attualmente inattivi (“Depositi di frana quiescente”).

Fra i terreni quaternari continentali privi di formale connotazione stratigrafica sono stati cartografati inoltre i **depositi eluvio-colluviali** e i **depositi di conoide torrentizia inattiva**.

SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO

Affiora su gran parte del territorio comunale ed è costituita principalmente da depositi appartenenti al ciclo Quaternario continentale e, in modo molto subordinato, da terreni sedimentari, continentali, paralici e marini (Sintema di Costamezzana).

All'interno della Successione post-evaporitica si riconoscono due gruppi stratigrafici principali: il “Supersintema Emiliano-Romagnolo” e il “Supersintema del Quaternario Marino”.

Supersintema Emiliano-Romagnolo (Pleistocene Medio – Olocene)

Il Supersintema è suddiviso in due unità principali (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore e Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore), riconosciute e correlate come sequenze deposizionali (sensu Mitchum et alii, 1977) sull'intera pianura emiliano-romagnola.

Mentre il Sintema Inferiore non affiora nell'ambito comunale di Agazzano, quello Superiore si presenta come un'unità alluvionale terrazzata, costituita prevalentemente da sedimenti limosi e/o argillosi con lenti ghiaiose e/o conglomeratiche (depositi di interconoide) e depositi alluvionali ghiaiosi (conoidei dei principali corsi d'acqua).

AES - Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene).

Unità costituita da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide. Dove non è suddivisa in subsintemi l'unità è rappresentata da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate (depositi alluvionali terrazzati). Lo spessore dei depositi terrazzati non supera i 25 metri; il profilo di alterazione è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche. Lo spessore complessivo varia da 0 a 120 m circa.

Il Sintema è convenzionalmente suddiviso in sub-sintemi, affioranti sul territorio comunale di Agazzano:

AES8 – Subsintema di Ravenna (Pleistocene superiore - Olocene)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi (depositi intravallivi terrazzati e di conoide ghiaiosi); limi e limi sabbiosi (depositi di interconoide). Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla

superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri. Al suo interno viene distinta, su base pedostratigrafica e archeologica, l'Unità di Modena.

AES8a – Unità di Modena (Olocene)

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua (depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide). Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

AES7 – Subsintema di Villa Verucchio (Pleistocene superiore - Olocene)

Il subsintema è suddiviso, su base morfologica e pedostratigrafica, in due unità stratigrafiche di spessore variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri. Lo spessore massimo del subsintema è di 40 m circa. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale relitta corrispondente al piano topografico, mentre il contatto basale è erosivo e discordante sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Le due unità stratigrafiche in cui viene suddiviso il Subsintema sono:

AES7b – Unità di Vignola (Pleistocene superiore)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati (depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati), localmente con coperture discontinue di limi argillosi. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m, con profilo di alterazione fino a circa 1.5-2 m.

AES7a – Unità di Niviano (Pleistocene superiore)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati (depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati). Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie (depositi di interconoide). Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri, con profilo di alterazione (molto evoluto) che raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi-argillosi giallastri.

AES3 – Subsintema di Agazzano (Pleistocene medio)

Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti (depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa), sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie e sabbie, localmente stratificati (depositi di interconoide). I depositi intravallivi sono spesso terrazzati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche. Spessore variabile da alcuni metri a 25-30 m.

AES2 – Subsintema di Maiatico (Pleistocene medio)

Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; limi argillosi e sabbie con subordinati livelli di ghiaie: depositi di interconoide. Lo spessore di questo subsintema è variabile da alcuni metri a 30-40 metri. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante su CMZ, MRL e VLU.

Supersintema del Quaternario Marino (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore)

E' costituito da sabbie, limi e argille di ambienti paralici e marino marginali a cui localmente si intercalano livelli ghiaiosi a spiccata geometria lentiforme. Poggiante su una superficie di discontinuità rilevabile a scala regionale, questo Supersintema ha uno spessore di diverse centinaia di metri. La permeabilità è molto variabile in funzione sia dei litotipi considerati che della loro successione stratigrafica.

CMZ - Sintema Di Costamezzana (Pleistocene inferiore)

Il Sintema è costituito da limi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali e in sostanza organica (depositi di piana alluvionale e deltizia). Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione. In corrispondenza dei paleo-apparati fluviodeltizi maggiori i depositi grossolani diventano predominanti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri.

SUCCESSIONE EPILIGURE

Si sviluppa in discordanza sulle Unità Liguri deformate entro bacini episuturali dalla complessa architettura fisiografica. La sedimentazione inizia nell'Eocene medio e perdura, anche se con numerose interruzioni (che hanno dato origine a numerose lacune e discontinuità stratigrafiche), fino al Miocene superiore. Si tratta quindi di una successione sin-orogena, in grado di registrare gli eventi tettonici che hanno interessato il substrato ligure durante l'orogenesi terziaria dell'Appennino. A causa dell'originaria articolazione dei bacini di sedimentazione, dell'ingente traslazione subita e della forte erosione che ha accompagnato il sollevamento della catena, la Successione Epiligure affiora oggi in lembi discontinui e, sul territorio comunale, se ne segnala un ridotto affioramento (Marne del Rio Lisone) all'estremità occidentale del territorio comunale in corrispondenza dell'incisione dell'omonimo torrente.

MRL – Marne del Rio Lisone (Tortoniano)

Marne grigie, compatte, con intercalazioni di litoareniti medie e fini, grigie, a cemento carbonatico, in strati medi. Contatto basale non affiorante.

UNITA' LIGURI

Costituiscono buona parte del substrato del margine appenninico settentrionale e sono caratterizzate da una certa complessità stratigrafica e tettonica, nonché da un particolare significato paleo ambientale; l'unica Unità affiorante all'interno del territorio comunale di Agazzano è quella di Bettola.

Unità Tettonica Bettola

L'unità tettonica Bettola è generalmente sovrascorsa dalle Unità Groppallo e Cassio e, talora, dall'Unità di Monte delle Tane. Sull'Unità Bettola appoggia in discordanza stratigrafica la Successione Epiligure inferiore. La Formazione della Val Luretta è l'unica affiorante in Comune di Agazzano tra quelle componenti l'Unità Bettola.

VLU - Formazione di Val Luretta (Paleocene inferiore – Eocene medio)

Si tratta di una formazione torbiditica arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa di età compresa tra il Paleocene inferiore e l'Eocene medio. La Formazione, recentemente rivista con l'ausilio della biostratigrafia a nannoplancton calcareo, viene suddivisa in tre membri, dei quali uno solo interessa il territorio comunale di Agazzano:

VLU2 - Membro di Monteventano (Thanetiano - Ypresiano)

Il membro è caratterizzato dalla presenza di alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo - pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio-chiare, con locali intercalazioni di arenarie grigie). Spessore del membro valutabile in 230 m circa.

Nel territorio comunale di Agazzano sono rappresentate quasi tutte le fasce altimetriche più significative della Regione Emilia-Romagna, partendo dalla media pianura per giungere ai rilievi collinari, anche se questi ultimi non raggiungono quote particolarmente elevate.

Il raccordo tra la pianura e i rilievi si sviluppa attraverso un articolato sistema di terrazzi caratteristici; la conformazione generale del paesaggio fisico collinare rispecchia la disposizione delle successioni rocciose, la loro natura litologica e la struttura geologica che ne costituiscono l'ossatura.

In questo contesto gli elementi geologico-strutturali sono stati considerati unicamente come base su cui si sono modellate le forme superficiali. Sono tuttavia numerosi gli esempi che permettono di cogliere in modo immediato come la morfologia rifletta, esaltandoli, gli aspetti geologici sopra menzionati. Tra questi si nota come la stessa disposizione spaziale degli elementi morfologici risulti distribuita secondo fasce subparallele, orientate, in modo simile alle strutture geologiche dell'Appennino, in senso NW-SE.

In termini fisiografici, pertanto, appare piuttosto immediata la distinzione tra due fasce con caratteristiche geomorfologiche peculiari, chiaramente distinguibili da nord verso sud:

- la fascia dei terrazzi e della pianura;
- la fascia di collina;

LA FASCIA DEI TERRAZZI E LA PIANURA

Si tratta della zona corrispondente al margine meridionale della Pianura Padana, di transizione con il margine settentrionale dell'Appennino, e comprendente i grandi ripiani terrazzati, impostati sui depositi alluvionali più antichi e/o nei sedimenti marini recenti, e le aree alluvionali dei corsi d'acqua (T. Tidone e T. Luretta).

Alla macroscala, la fascia dei terrazzi antichi e della pianura tardo pleistocenica-olocenica è il risultato di ripiani morfologici sovrapposti, di altezza variabile, dovuti ad una successione spazio-temporale di episodi di alterna erosione e sedimentazione dei corsi d'acqua principali, i quali hanno rappresentato i principali agenti morfogenetici quaternari in grado di modificare attraverso l'erosione, il trasporto e la deposizione, i caratteri originari del territorio.

E' possibile distinguere le seguenti unità morfologiche (dalla più bassa e più recente):

- Gli alvei incisi dei principali corsi d'acqua (T. Tidone e T. Luretta), interessati dal deflusso in condizioni di piena ordinaria e costituiti dalle forme (alvei di magra, isole, barre ecc.) e dai depositi alluvionali soggetti a rapide modifiche e/o rimaneggiamenti (Olocene sup.);
- Il sistema di terrazzi sospesi sull'alveo attivo dei principali corsi d'acqua e costituito da depositi alluvionali recenti, occasionalmente occupati dal deflusso delle acque durante le piene eccezionali (Pleistocene sup. - Olocene);

- Le superfici terrazzate ai margini dei principali conoidi alluvionali (generalmente non più interessati dalla dinamica morfologica), interdigitati con i ripiani di fondovalle del reticolo secondario (Pleistocene sup. - Olocene);
- I ripiani di fondovalle del reticolo secondario (Pleistocene sup. - Olocene);
- Il sistema di ripiani e scarpate modellati nei depositi quaternari antichi, derivante da un progressivo ringiovanimento del rilievo e dal conseguente infossamento del reticolo idrografico (Pleistocene medio). I sistemi terrazzati più antichi si sono formati per coalescenza delle conoidi alluvionali depositate dai vari corsi d'acqua provenienti dall'Appennino, i quali hanno prodotto in origine una superficie sostanzialmente unitaria e uniforme. Successivamente, a seguito di variazioni climatiche, di fenomeni di sollevamento dell'area e del conseguente ringiovanimento del sistema idrografico sviluppatosi in più fasi nel corso del Quaternario, le superfici originarie sono state suddivise e smembrate anche ad opera dei corsi d'acqua minori, sino a formare una serie di costoni digitati a sommità più o meno regolari, di forma variabile ed immergenti verso NNE. L'elemento morfologico più caratteristico di questa zona, infatti, è costituito da uniformi e piatte superfici topografiche immergenti verso la pianura, che presentano scarpate laterali di erosione fluviale con altezza che diminuisce progressivamente da monte verso valle e che si raccordano verso settentrione in modo complessivamente regolare. Si riconoscono tuttavia vari ordini di ripiani, associabili a più fasi di ringiovanimento succedutesi nel corso del Quaternario. Verso N, i ripiani dei depositi alluvionali antichi e medi si immergono al di sotto delle unità alluvionali più recenti che costituiscono la pianura vera e propria, solcata dai corsi d'acqua che assumono il caratteristico andamento a canali intrecciati (T. Tidone).

LA COLLINA

Si tratta dei rilievi modellati nelle unità pre-quaternarie, la cui conformazione è caratterizzata da lunghi versanti irregolari, ai quali si alternano crinali e incisioni del reticolo secondario con forme legate frequentemente a una dinamica gravitativa.

Il paesaggio collinare di Agazzano è modellato in terreni scarsamente selettivi nei confronti dei processi erosivi, come la Formazione di Val Luretta (qui rappresentata completamente dal membro di Monteventano); tale fatto porta a forme generalmente addolcite dei rilievi, dovute alla litologia a predominante componente argillosa. Il paesaggio risulta caratterizzato da una successione di forme arrotondate, sulle quali il paesaggio agrario si è frequentemente sovrapposto. Si tratta di aree interessate da fenomeni diffusi di dissesto idrogeologico, dovuti principalmente alla presenza di argille plastiche che interagiscono con le acque superficiali e/o di infiltrazione.

4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Nella prima fase di lavoro sono stati ricercati i dati geologici, geotecnici e geofisici che hanno costituito il quadro conoscitivo di base; in particolare sono stati consultati:

- l'Ufficio Tecnico del Comune, ricercando i dati puntuali relativi ad indagini in sito;
- il database della regione Emilia Romagna, attraverso lo specifico geoportale;
- il database della scrivente Società in relazione a prove geofisiche utili e pertinenti allo studio di microzonazione sismica.

Sulla base dei sopracitati dati raccolti è stata realizzata una preliminare carta delle indagini sulla base della quale è stato impostato il piano delle nuove indagini geofisiche.

Nella tabella seguente si riportano le indagini pregresse ed utilizzate nel presente studio:

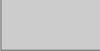
ID	Tipologia indagine	Ubicazione
<i>AG_1</i>	MASW	Scuola elementare Agazzano
<i>AG_2</i>	MASW	Municipio Agazzano
<i>AG_3</i>	MASW	Consorzio Agrario
<i>AG_4</i>	MASW	Ambito di trasformazione PSC
<i>AG_5</i>	MASW	Ambito di trasformazione PSC
<i>AG_6</i>	MASW	Ambito di trasformazione PSC
<i>AG_7</i>	MASW	Ambito di trasformazione PSC
<i>T1</i>	trincea esplorativa	W di Agazzano
<i>T2</i>	trincea esplorativa	W di Sarturano
<i>T3</i>	trincea esplorativa	Castano
<i>SPT1</i>	prova penetr. dinamica	SW Castano
<i>SPT2</i>	prova penetr. dinamica	SW Castano
<i>SPT3</i>	prova penetr. dinamica	SW Castano
<i>SPT4</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano
<i>SPT5</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano
<i>SPT6</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano
<i>SPT7</i>	prova penetr. dinamica	W Castano
<i>SPT8</i>	prova penetr. dinamica	Cà Monte - Misano
<i>SPT9</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano
<i>SPT10</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano
<i>SPT11</i>	prova penetr. dinamica	S Agazzano
<i>SPT12</i>	prova penetr. dinamica	E Casaleggio
<i>SPT13</i>	prova penetr. dinamica	Agazzano

SPT14	prova penetr. dinamica	N Passano
SPT15	prova penetr. dinamica	Castano
SPT16	prova penetr. dinamica	Tavernago
SPT17	prova penetr. dinamica	Tavernago
SPT18	prova penetr. dinamica	Tavernago
CPT1	prova penetr. statica	Agazzano
CPT2	prova penetr. statica	Sarturano
CPT3	prova penetr. statica	Agazzano - Bissone
CPT4	prova penetr. statica	Agazzano
CPT5	prova penetr. statica	N Passano
CPT6	prova penetr. statica	E Casaleggio
CPT7	prova penetr. statica	Montebolzone
CPT8	prova penetr. statica	Rivasso
CPT9	prova penetr. statica	Tavernago
CPT10	prova penetr. statica	Tavernago
CPT11	prova penetr. statica	Tavernago - Mirabello
HV1	Indagine HVSR	Rivasso
HV2	Indagine HVSR	Sarturano
HV3	Indagine HVSR	Tavernago
HV4	Indagine HVSR	Cantone
HV5	Indagine HVSR	E Casaleggio
HV6	Indagine HVSR	S Castano
HV7	Indagine HVSR	S Agazzano
HV8	Indagine HVSR	Agazzano
HV9	Indagine HVSR	Agazzano

In via preliminare, con l'Ufficio Tecnico Comunale e con i competenti Uffici della Regione sono state individuate le aree sulle quali condurre lo studio di MS di livello 2, secondo quanto indicato nel paragrafo 2.1 dell'Allegato A della DGR 630/2019. Buona parte delle aree si sviluppano nella fascia pedecollinare del territorio comunale, sono caratterizzate dalla maggior parte delle infrastrutture e ospitano larga parte degli edifici residenziali e produttivi/commerciali del territorio.

Nella figura sottostante vengono visualizzate le aree interessate dallo studio di Microzonazione Sismica di secondo livello (in grigio).

Legenda

-  Territorio urbanizzato ed urbanizzabile (comma b, paragrafo 2.1 Allegato A della DGR 630/2019)
-  Territorio urbanizzato
-  Perimetro aree di trasformazione edilizia



Ubicazione delle aree oggetto di studio di microzonazione sismica di livello 2.

Sulla base della preliminare carta delle indagini e della carta geologico-tecnica realizzata per il PSC è stata programmata una campagna di nuove indagini geofisiche, posizionate e realizzate secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS. L'ubicazione delle singole prove è stata condizionata dalla morfologia del territorio e dal diverso grado di urbanizzazione, tenendo conto anche della disponibilità di accesso delle singole proprietà.

Nel dettaglio sono stati eseguiti n. 6 profili sismici con la metodologia MASW per la ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità Vs-z e il successivo calcolo dei fattori di amplificazione "FA".

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione delle indagini geofisiche effettuate nell'ambito del presente studio, identificate come MS_M1-MS_M6 (si vedano le tabelle seguenti). Le nuove indagini geofisiche sono state ubicate in modo da integrare, unitamente alle indagini pregresse, la conoscenza territoriale sia in termini di copertura geografica che di comportamento sismo-stratigrafico delle principali unità geologiche affioranti e descritte nella Carta Geologica allegata al PSC.



Ubicazione delle indagini geofisiche effettuate per lo studio MS2.

5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il comune di Agazzano ricade in corrispondenza del margine appenninico-padano, cioè nella fascia di transizione tra i primi rilievi appenninici ed il settore pedemontano della Pianura Padana, per cui sono individuabili ambiti geologici molto differenti passando da nord verso sud.

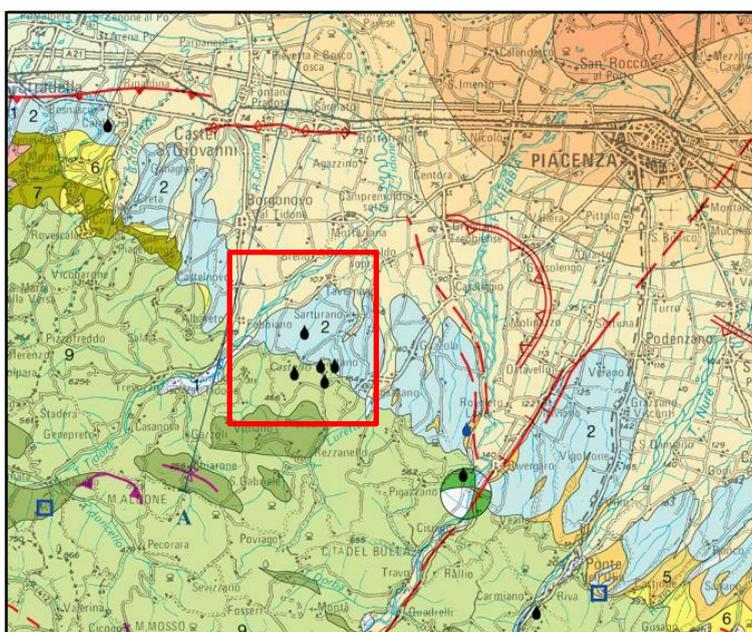
Per una migliore comprensione del modello geologico locale è possibile fare riferimento alle sezioni geologiche e sismiche interpretate derivate dalle elaborazioni del Servizio Geologico RER, con particolare riferimento alla Carta Sismotettonica di cui si riporta un estratto nelle figure seguenti.

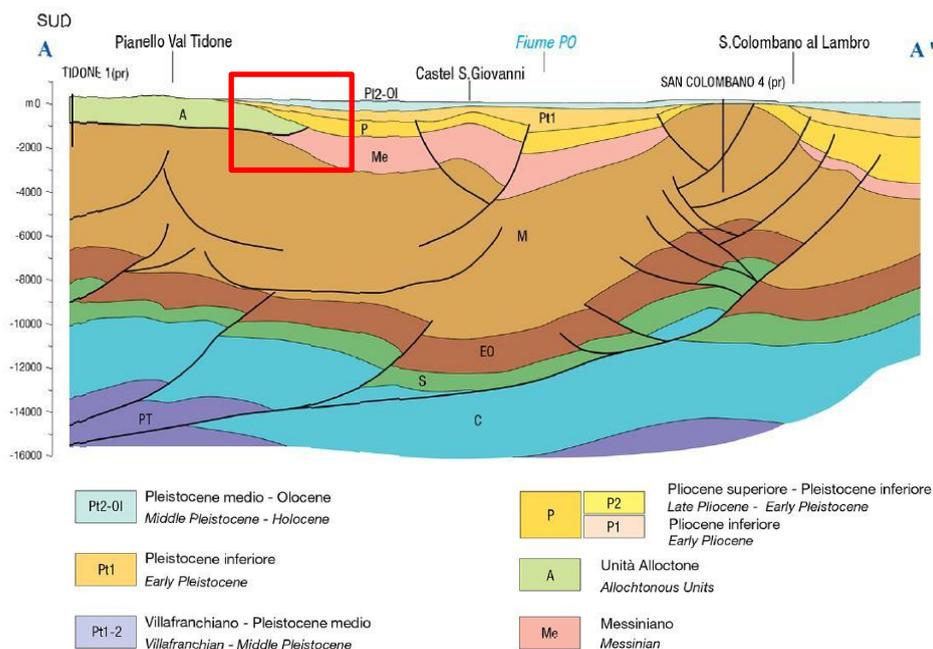
L'esame delle stesse consente di valutare come la base del primo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Sup.) si collochi a profondità crescenti con uno spessore complessivo variabile da 0 m (settore sud) a 120 m (settore nord).

I depositi quaternari continentali del margine appenninico-padano sono costituiti da bancate sub-orizzontali blandamente immergenti verso la pianura e poggiano, verso sud, direttamente sui termini marini della Formazione di Val Luretta con contatto discordante talora ben osservabile lungo le incisioni di alcuni corsi d'acqua minori nella fascia di passaggio dagli alti terrazzi alla collina

I sedimenti riferibili al primo ciclo sedimentario sono costituiti prevalentemente da depositi limosi e/o argillosi, talora sabbiosi, anche molto consistenti, con lenti ghiaiose/conglomeratiche (depositi di interconoide). I depositi più recenti (depositi alluvionali) sono invece costituiti da ghiaie con frequenti lenti a matrice agillosa e coperture argillose o limose anche molto sviluppate.

La Formazione di Val Luretta che costituisce il substrato del settore collinare del territorio comunale, rappresentata da alternanze di livelli lapidei e pelitici, talora intensamente deformati e fratturati con copertura limoso-argillosa di spessore variabile, frequentemente interessata da fenomeni di dissesto gravitativo.





Estratto della Carta Sismotettonica – fonte Servizio geologico RER.

6 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

La caratterizzazione sismica del territorio comunale di Agazzano, pur tenendo conto della discreta quantità ed uniformità dei risultati delle indagini geofisiche di archivio e di nuova esecuzione, avrebbe potuto raggiungere una migliore definizione disponendo di maggiori informazioni di natura lito-stratigrafica derivante da indagini geognostiche dirette quali sondaggi medio-profondi che avrebbero permesso di valutare con precisione superiore la natura e gli spessori delle coltri quaternarie sciolte.

Per quanto riguarda le informazioni stratigrafiche si sottolinea la scarsa disponibilità di sondaggi a carotaggio continuo a favore di un discreto numero di prove penetrometriche di tipo sia statico che dinamico che permettono solo indirettamente di risalire alla natura litologica dei terreni attraversati (CPT).

I risultati della modellazione effettuata, che sono condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche, geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come esaustivi ma piuttosto come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico nella maggior parte del territorio comunale.

In sede di progettazione di futuri interventi edilizi dovranno pertanto essere eseguite specifiche valutazioni attraverso l'esecuzione di indagini geotecniche e sismiche sito specifiche atte a definire puntualmente l'entità dell'amplificazione sismica potenzialmente generabile dalle caratteristiche del sottosuolo.

7 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Lo studio di Microzonazione è stato suddiviso in due principali fasi di lavoro.

Nella prima fase sono stati acquisiti i dati bibliografici e di archivio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile. Gli elaborati prodotti in questa fase sono costituiti da:

- **Carta geologico-tecnica:** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie.
- **Carta delle Indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione classificandole in base alla tipologia.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** tale carta riporta i punti di misura ed i risultati delle indagini di sismica passiva (misure HVSR) ed una prima zonazione del territorio comunale con riferimento alla distribuzione della frequenza principale F_0 .
- **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** in cui sono ubicati i punti di misura delle VS con indicazione del valore di V_{30} e/o V_{SH} ;
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS):** in questa cartografia sono indicate le aree (microzone) ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ...). Vengono definite le aree che presentano le stesse caratteristiche strutturali e morfologiche per le quali è da prevedere una risposta sismica omogenea.

La seconda fase ha avuto come obiettivo, relativamente al territorio urbanizzato ed urbanizzabile, la valutazione semplificata della risposta sismica locale e la Microzonazione sismica del territorio indagato. In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carte di microzonazione sismica – Livello 2:** in cui sono rappresentate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori del territorio utilizzando le tabelle riportate nell'Allegato A2 della D.g.r. 630/2019.

8 – ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle Indagini

La *Carta delle indagini* contiene l'ubicazione delle indagini preesistenti e quelle di nuova realizzazione: le indagini sono state rappresentate in forma simbolica secondo quanto previsto dagli Standard di Rappresentazione informatica (Vers. 4.2.0).

Nel territorio del comune di Agazzano sono state raccolte diverse prove geognostiche. In particolare, sono state inserite nella Carta delle indagini, alla scala 1: 12.000, le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale, oltre a quelle contenute nel database fornito dal Servizio Geologico Regionale e più precisamente:

- 21 prove penetrometriche statiche,
- 3 prove penetrometriche dinamiche leggere,
- 1 prova penetrometrica dinamiche media,
- 7 prove penetrometriche dinamiche pesanti,
- 12 prove penetrometriche dinamiche super pesanti
- 7 pozzi per acqua,
- 1 sondaggio a carotaggio continuo,
- 13 HVSR
- 3 Trincee esplorative
- 4 stratigrafie MS

	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Penetrometrica dinamica leggera
	Penetrometrica dinamica media (DPM)
	Penetrometrica dinamica pesante (DPH)
	Penetrometrica dinamica super pesante (DPSH)
	Pozzo per acqua
	Sondaggio a Carotaggio Continuo
	Trincea o pozzetto esplorativo
	Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)
	Stratigrafia zona MS
	MASW

Legenda Carta delle Indagini

8.2 Carta geologico tecnica

Nella Carta geologico-tecnica sono riportate le informazioni di base di natura geologica, geomorfologica, litotecnica, geotecnica ed idrogeologica derivate da elaborati esistenti (tavole contenute nello studio geologico del PSC) e da indagini geognostiche pregresse. Questi dati hanno permesso di definire il modello di sottosuolo e sono state utilizzate come base per la realizzazione della Carta delle MOPS (vedi paragrafo successivo).

Con riferimento agli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica 4.2.0. per gli studi di microzonazione sismica, sono state identificate le seguenti unità litologiche:

Substrato geologico

Formazione di Val Luretta e Marne del rio Lisone - SFALS - alternanza di litotipi stratificati: si tratta di rocce flyshoidi generalmente ricoperte da una coltre di alterazione di variabile spessore di natura limoso-argillosa.

Terreni di copertura

Depositi fluviali degli alvei attivi dei principali corsi d'acqua e dei terrazzi ad essi più vicini - **GP**: costituiti in prevalenza da ghiaie anche molto grossolane con coperture assenti o di spessore ridotto. I suoli sono assenti o poco evoluti. Area di affioramento: valli del Torrente Tidone e del Torrente Luretta.

Depositi alluvionali (conoidi dei principali corsi d'acqua) – **GM**: depositi ghiaiosi con frequenti lenti a matrice argillosa e coperture argillose o limose anche molto sviluppate. Area di affioramento: superfici terrazzate ai margini dei principali conoidi alluvionali (Torrenti Tidone e Luretta).

Depositi dei ripiani di fondovalle del reticolo secondario – **MH**: costituiti da limi, limi sabbiosi, limi argillosi di spessore da metrico a decametrico e profilo di alterazione variabile, generalmente contenuto entro 1 m. Va segnalato che sul fondo delle vallecole secondarie si può verificare la saturazione dei terreni per la presenza di effimere falde superficiali, contribuendo a un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni naturali.

Depositi di interconoide – **CL**: costituiti da limo e/o argilla, talora sabbiosi, anche molto consistenti, con lenti ghiaiose e/o conglomeratiche. Lo strato di alterazione superficiale risulta molto sviluppato.

Depositi di origine gravitativa: costituiti da litotipi solo raramente monogenici, eterometrici, più o meno caotici, caratterizzati da una abbondante matrice fine (in questa unità sono cartografati anche i principali depositi eluvio-colluviali e i depositi di conoide inattiva torrentizia individuati nella carta geologica), suddivisi tenendo conto dello stato e del meccanismo principale.

Sono stati altresì distinti gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

ca – conoide alluvionale

tf- terrazzo fluviale

Infine, nella Carta geologico tecnica sono stati riportati:

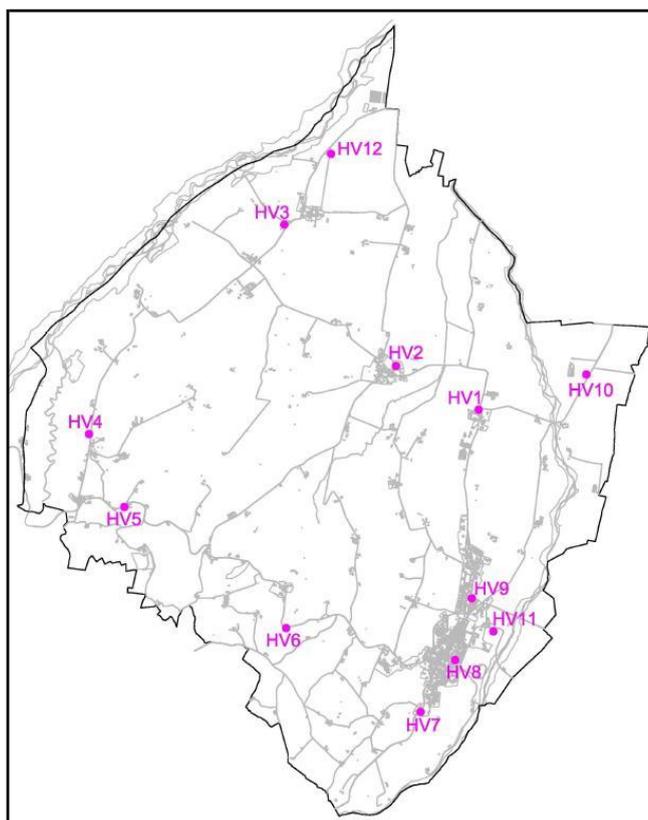
- la profondità in metri della falda;
- forme di superficie e sepolte (orlo di terrazzo fluviale conoide e falda detritica).

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Nell'ambito della conoscenza del comportamento sismico del territorio comunale è stata prodotta la *Carta delle frequenze* così come descritto negli ICMS 2008 (“Indirizzi e criteri per la zonazione sismica – Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, 2008”). Per frequenza propria o frequenza fondamentale di risonanza f_0 si intende la frequenza minima osservabile in ciascun sito. Tale frequenza non coincide sempre con quella di principale interesse né per ampiezza né per valore proprio, in quanto può trovarsi molto lontana dalle frequenze proprie delle strutture di interesse ingegneristico.

La valutazione delle frequenze proprie è orientata alla definizione zonale della risposta sismica dei terreni in condizioni dinamiche e può essere utilizzata come punto di partenza per indirizzare eventuali indagini successive.

Per la redazione della carta è stata eseguita un'apposita campagna di misure di sismica passiva (metodo HVSR): in totale sono state eseguite n. 12 misure ubicate in corrispondenza delle aree urbanizzate coerentemente con la distribuzione delle diverse unità litotecniche che costituiscono il territorio in esame.



Ubicazione misure HVSR.

La tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), meglio nota come tecnica H/V, è stata introdotta originariamente da Nogoshi e Igarashi nel 1971, successivamente denominata “tecnica di Nakamura” (Nakamura, 1989). Consiste nell’elaborazione di registrazioni di

microtremori (sismica passiva) al fine di misurare i rapporti spettrali tra la media delle componenti orizzontali e la componente verticale del moto superficiale.

Date le caratteristiche di propagazione del rumore sismico, questa metodologia è applicabile su terreni che presentano un forte contrasto di impedenza, suoli incoerenti, strati sedimentari o alluvionali, oppure su terreni limosi sovrapposti ad un deposito compatto di ghiaie. Attraverso l'analisi dei rapporti spettrali è possibile individuare le frequenze fondamentali di risonanza del sito, quindi, al contrario di altre metodologie che permettono di calcolare le frequenze, con la tecnica H/V è possibile misurarle direttamente.

Di seguito si riportano i risultati (frequenza principale F_0 e frequenza II°) ottenuti dalla campagna di indagini HVSR:

ID	F_0 [HZ]	Ampiezza H/V
HV1	7.8	1.8
HV2	6.3	1.8
HV3	9.8	2.6
HV4	13.8	2.6
HV5	1.0	4.2
HV6	1.1	1.9
HV7	1.8	1.6
HV8	7.4	1.8
HV9	4.0	1.3
HV10	2.7	1.6
HV11	3.4	1.7
HV12	3.1	1.6

Sulla base delle frequenze proprie ottenute è stato possibile effettuare una prima zonazione del territorio comunale, così come mostrata nella *Carta delle frequenze*:

Zona A: misure HV1; HV2, HV8 e HV9 – Depositi con frequenza principale compresa tra 4 e 8 Hz; all'interno di questa zona si osserva uno spostamento verso il basso della frequenza principale passando da sud verso nord (derivante dall'aumento di spessore delle coperture e conseguente approfondimento del substrato roccioso).

Zona B: misure HV3 e HV4 – Depositi con frequenza principale di vibrazione compresa tra 10 e 14 Hz.

Zona C: misure HV5, HV6 e HV7 – Substrato roccioso sub-affiorante (Unità arenaceo-pelitica - formazione di Val Luretta) con frequenza principale compresa tra 1 e 2 Hz.

Zona D: misure HV10, HV11 e HV12 – Depositi con frequenza principale compresa tra 2.5 e 3.5 Hz.

Gli indirizzi tecnici contenuti al paragrafo 3.1.1. della DGR 630/2019 prevedono di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta secondo i seguenti intervalli:

- $F_0 \leq 0.6$ Hz
- $0.6 \text{ Hz} \leq F_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} \leq F_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} \leq F_0 \leq 8$ Hz
- $F_0 > 8$ Hz

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, dai seguenti intervalli del rapporto HVSR:

- $HVSR \geq 3$
- $1.5 \leq HVSR \leq 2$
- $HVSR < 1.5$

frequenza picco significativo (nell'intervallo 0,2 – 20 Hz)	Ampiezza picco (contrasto di impedenza acustica)			spessore atteso (m)
	$1.5 \leq HVSR < 2$ BASSO	$2 \leq HVSR \leq 3$ MEDIO	$HVSR > 3$ ALTO	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 – 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 – 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 – 10
$F_0 > 8$				< 10
assenza di picchi significativi				

Legenda della carta delle Frequenze.

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La Carta delle MOPS rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento dello studio di MS.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti categorie:

1. **Zone stabili:** si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti;
2. **Zone stabili suscettibili di amplificazione locale:** si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello;

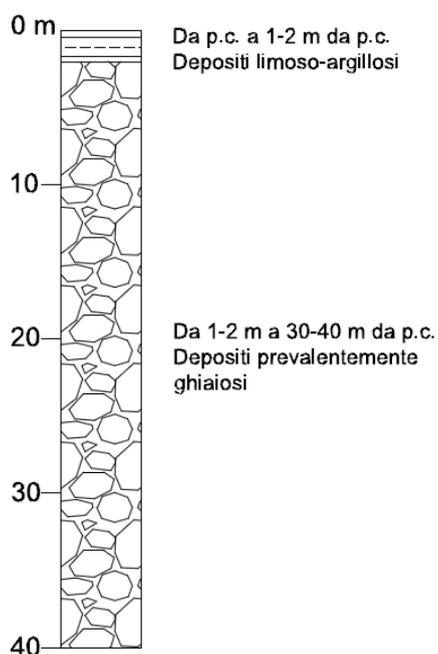
3. **Zone suscettibili di instabilità:** trattasi di zone nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazioni. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

La maggior parte delle aree urbanizzate e urbanizzabili appartengono alla categoria delle zone stabili suscettibili di amplificazione all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni.

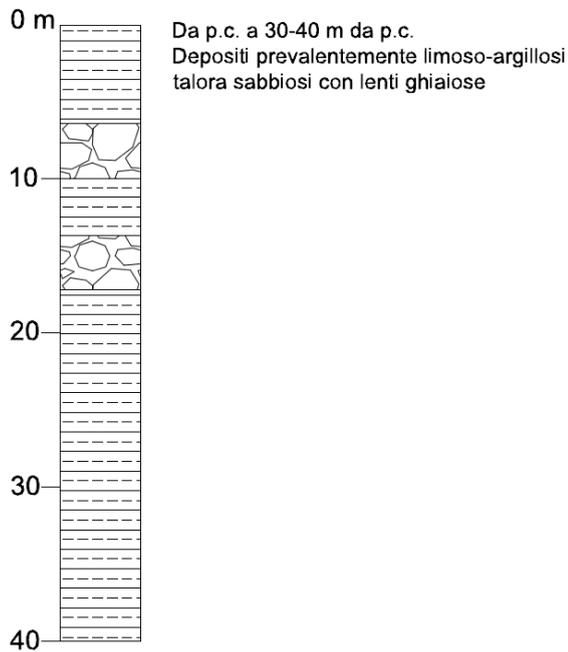
Il settore collinare (settore meridionale del territorio comunale) rientra anch'esso nella categoria delle zone stabili suscettibili di amplificazione (substrato roccioso fratturato affiorante-con grado di fratturazione in grado di causare amplificazioni) mentre le zone ricadenti nell'ambito dei corpi di frana attiva/quiescente sono state cartografate come "Zone di attenzione per instabilità di versante Z_{AFR}".

Sulla base delle caratteristiche litologiche-morfologiche sono state identificate le seguenti microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 30-40 m di sottosuolo:

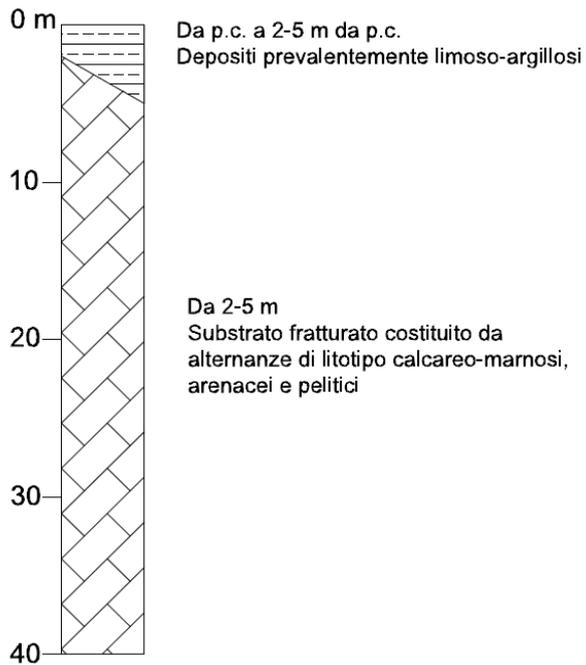
Zona 2001 – Depositi fluviali ed alluvionali prevalentemente ghiaiosi di spessore massimo pari a 30 m con copertura limoso- argillosa di spessore compreso tra 1 e 2 m.



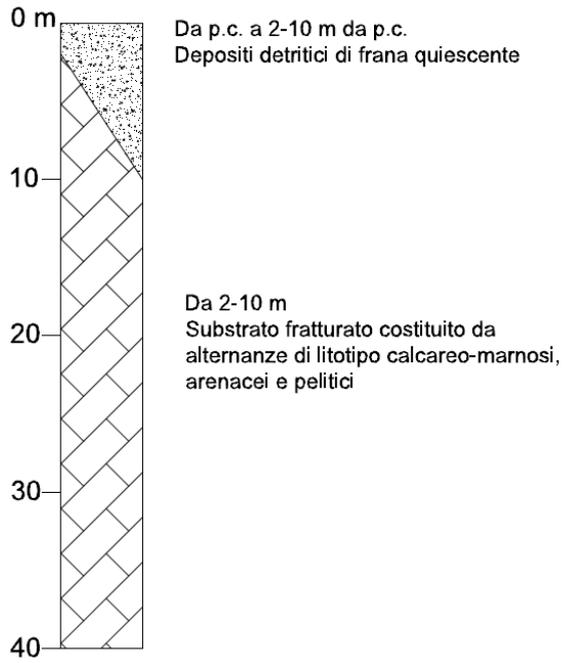
Zona 2002 – Depositi dei ripiani di fondovalle del reticolo secondario e depositi di interconoide prevalentemente limoso-argillosi, talora sabbiosi, con lenti ghiaiose e/o conglomeratiche di spessore superiore a 30 m.



Zona 2099 – Aree caratterizzate da depositi di copertura limoso-argillosi di spessore variabile da 2 a 5 m su substrato lapideo stratificato, generalmente fratturato.



Zona 30242003: depositi detritici di frana quiescente con spessori variabili tra 2 e 10 m su substrato generalmente fratturato appartenente alla formazione di Val Luretta.



8.5 – Carta delle Vs

Le misure sismiche effettuate nel territorio comunale hanno consentito di ottenere una serie di informazioni sul campo di velocità medio delle onde sismiche di taglio (V_S) fino ad un massimo di circa 50 m di profondità.

Nella *Carta delle velocità delle onde di taglio*, realizzata in scala 1: 12.000, sono riportati i punti di misura delle V_S con indicazione del valore di V_{SH} (in m/s) e H (in m) nelle aree in cui H non supera i 50 m o di V_{S30} (in m/s) nelle aree di pianura dove H è maggiore di 50 m.

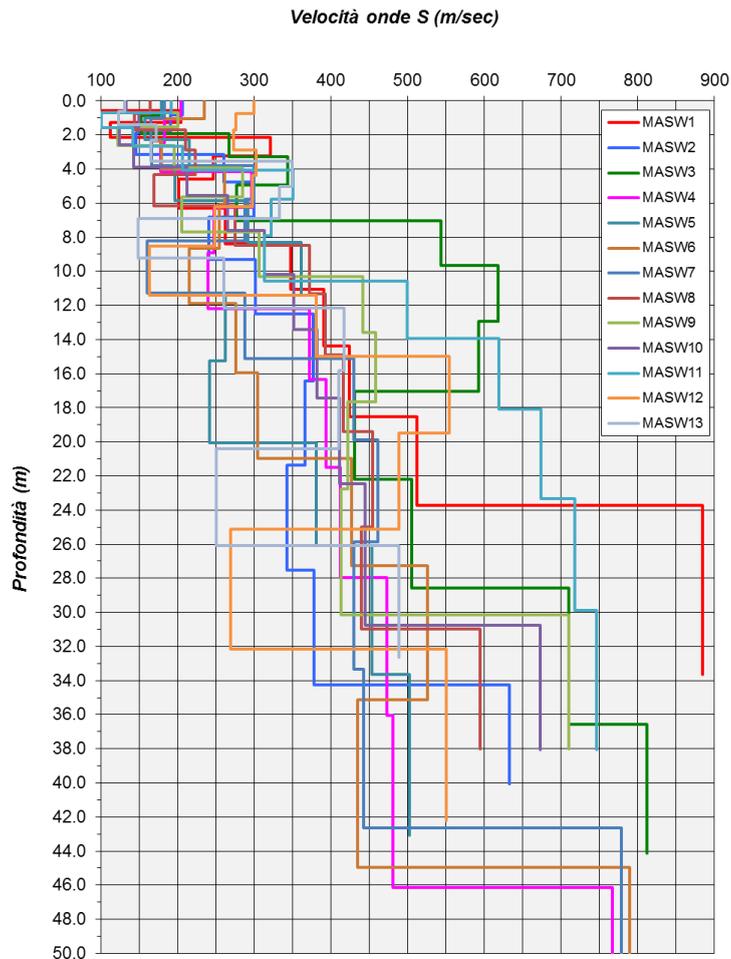
La carta è stata redatta utilizzando sia le indagini geofisiche pregresse, sia quelle appositamente eseguite per il presente studio di MS2 così come riportato nella *Carta delle indagini*.

I dati relativi alle indagini utilizzate sono riportati nella seguente tabella: (ID riferito alla carta delle indagini; in blu le prove pregresse ed in rosso quelle di nuova acquisizione)

ID	Tipo Indagine	V_{S30} (m/s)	V_{SH} (m/s)	H (m)
033001L1	MASW	3	302.9	24
033001L2	MASW	297.7	-	-
033001L3	MASW	412.0	445.7	37
033001L4	MASW	306.2	350.1	46
033001L5	MASW	279.9	321.5	43
033001L6	MASW	283.5	325.4	45
033001L7	MASW	289.8	322.3	43
033001L8	MASW	320.1	-	-
033001L9	MASW	319.6	-	-
033001L10	MASW	296.9	299.3	31
033001L11	MASW	388.1	-	-
033001L12	MASW	314.4	-	-
033001L13	MASW	269.7	-	-

Da un punto di vista meramente normativo (NTC 2018), la quasi totalità delle indagini geofisiche analizzate indica una categoria di sottosuolo di tipo C. Tutte le indagini MASW analizzate, tranne la prova 033001L10 e la 033001L11, si posizionano all'interno dell'unità dei depositi di interconoide (*subsistema di Agazzano*), costituiti da depositi limosi e/o argillosi talora sabbiosi, anche molto consistenti, con lenti ghiaiose e/o conglomeratiche.

La prova 033001L10 è ubicata sui dei depositi di origine gravitativa posti sopra la formazione di val Luretta mentre la prova 033001L11 è realizzata sui depositi alluvionali ghiaiosi.



Andamento delle Vs con la profondità per i punti di misura riportati nella carta delle Vs.

8.6 – Carta di microzonazione sismica di secondo livello

La carta di microzonazione sismica, secondo la DGR 630/2019, deriva da un'applicazione puntuale dei valori tabellari di amplificazione di PGA, SA1, SA2, SA3, SI1 e SI2 (allegato A2) sulla base di una scelta di tipo-dominio (appenninico, margine o pianura) e dei valori di V_{SH} o V_{S30} (V_S media dalla superficie al substrato rigido o del tetto del livello ad esso assimilabile) ed H (quota inversa del substrato o rigido o del tetto del livello ad esso assimilabile).

Tipo-dominio	Subtipo
Appenninico	a, presenza di substrato rigido ($V_S > 800 \text{ m/s}$) b, presenza di substrato non rigido ($V_S \ll 800 \text{ m/s}$) c, presenza di substrato marino non rigido affiorante ($V_S \ll 800 \text{ m/s}$)
Margine appenninico	A - spessore dei depositi fini su depositi grossolani < 30 m B - spessore dei depositi fini su depositi grossolani > 30 m
Pianura padana e costa	1 - tetto del substrato rigido ≤ 100 m da p.c. 2 - tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c. 3 - tetto del substrato rigido non inferiore a 300 m da p.c.

Elenco dei tipo-domini per la scelta dei fattori di amplificazione previsti dalla DGR 630/2019.

Per i settori indagati nel presente studio di microzonazione sismica di livello 2, gli ambiti geolitologici principali rientrano nella tipologia **Margine di tipo A e B ed Appennino con $V_s < 800$ m/s** le cui tabelle per la stima dei fattori di amplificazione sismica (FA) sono riportate nell'Allegato A2 della D.g.r. 63072019:

1) Margine 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, con H riferito allo spessore dei sedimenti poco consolidate sovrastanti I sediment continentali più rigidi.

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** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	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} (m/s) → H (m) ↓	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** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Il margine di tipo A è rappresentativo della MOPS 2001.

2) Margine tipo B:

Caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidate superior 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** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Il margine di tipo B è rappresentativo della MOPS 2001.

3) Appennino tipo b con substrato non rigido avente $V_{s30} < 800$ m/s:

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

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

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

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

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

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

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

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

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

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

Il margine Appennino b è rappresentativo delle MOPS 2099 e 30242003.

Applicando le tabelle di cui alla D.g.r. 630/2019 si ottenendo i seguenti Fattori di Amplificazione riportati per i centri urbanizzati principali indagati:

Località abitata	Abaco	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE							
		PGA	SA1	SA2	SA3	SA4	SI1	SI2	SI3
Tavernago Nord ovest e Agazzano Est	Margine A	1.9	1.9	2.5	2.5	---	2	2.6	---
Agazzano Centro	Margine B	1.6	1.7	1.9	2.3	2.1	1.7	2.1	2.2
Agazzano Nord	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Sarturano	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Tavernago	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Bastardina	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Grintorto	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Guadernago	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Il Cantone	Margine B	1.6	1.7	2.1	2.4	2.3	1.8	2.3	2.4
Rivasso	Margine B	1.6	1.8	2.3	2.7	2.6	1.9	2.5	2.7
Montebolzone	Margine B	1.6	1.8	2.3	2.7	2.6	1.9	2.5	2.7
Agazzano Sud Ovest	Appennino b	1.9	2	1.9	1.5	---	2.1	1.7	---
Castano	Appennino b	1.9	2	1.9	1.5	---	2.1	1.7	---
Boffolara	Appennino b	1.9	2	1.9	1.5	---	2.1	1.7	---
Verdeto	Appennino b	1.9	2	1.9	1.5	---	2.1	1.7	---
Casaleggio	Appennino b	1.9	2	1.9	1.5	---	2.1	1.7	---

Fattori di amplificazione stratigrafica per la microzonazione sismica

E' stata infine prodotta anche la carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s²), 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≤T≤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 periodo:

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

I valori di ASI_{UHS}/ΔT, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nel file all_4_coord.kmz, disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

I punti della griglia INGV situati all'interno del confine comunale di Agazzano sono il n.14484 nella parte ovest caratterizzato da un valore di ASI_{UHS}=209.73 cm/s² e il n.14485 nella parte est del territorio caratterizzato da un valore di ASI_{UHS}=212.21 cm/s².
(intervallo 0.1-0.5s – intervallo 200-225).

La carta del parametro HSM per lo scuotimento atteso (per 0.1s≤T≤0.5s) risulta ricompreso tra 360.74 e 419.46 cm/s².

Il vantaggio nell'utilizzo di questo nuovo parametro consiste nel fatto che esprime lo scuotimento atteso con valori assoluti, in termini di accelerazione (cm/s²), e quindi permette una vera e propria classificazione della pericolosità sismica locale, per TR=475 anni.

