

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011; D.G.R. n. X/6738 del 19/06/2017; D.G.R. n. XI/6702 del 18/07/2022

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



ecosphera s.r.l. - via Malogno, 2 - 25036 Palazzolo sull'Oglio (BS) - Tel. 030.7402007 – 030.7401749 - Fax 030.7402017 - www.ecosphera.net -
[mail:info@ecosphera.net](mailto:info@ecosphera.net)



Ambiente
Qualità
Sicurezza
Energia

Referente

Dott. Geol. Marco Carraro

Data emissione

11/2023 rev. 07/2025

Commessa

23/3333

File

J:\PRG - PGT\Viadanica\2023-10 Aggiornamento componente
geologica\documenti di lavoro\2025_07\RelGeoAggiornamento
2025_07 Viadanica.docx

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. SINTESI BIBLIOGRAFICA	7
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	9
4.1. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE	11
4.1.1. UNITÀ QUATERNARIE	11
4.1.1.1. Gruppo di prato Grande (GR-Pleistocene)	11
4.1.1.2. Unità di Timoline ROY-(Pleistocene).....	11
4.1.1.3. Supersintema della Colma del Piano (CM-Pleistocene)	11
4.1.2. SUBSTRATO ROCCIOSO	11
4.1.2.1. Calcare di Sedrina (Hettangiano).....	11
4.1.2.2. Calcare di Moltrasio (Sinemuriano)	12
4.1.2.1. Calcare di Domaro (Pliensbachiano).....	13
4.1.2.2. Formazione di Villa Carcina (Toarciano inferiore)	13
4.1.2.3. Formazione dei Calcari medoloidi (Bajociano)	14
4.1.2.4. Radiolariti del Selcifero Lombardo (Aleniano-Bajociano).....	14
4.1.2.5. Rosso ad Aptici (Kimmeridgiano-Titoniano)	15
4.1.2.6. Maiolica (Titoniano superiore)	15
4.1.2.7. Marna di Bruntino (Aptiano inferiore)	16
4.1.2.8. Sass de la Luna (Albiano Superiore).....	17
4.2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	18
5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	20
5.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	20
6. PERICOLOSITÀ SISMICA	22
6.1. INTRODUZIONE	22
6.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA	25
6.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	25
6.4. APPROFONDIMENTO SISMICO DI 2° LIVELLO	26
6.4.1. TECNICHE D'INDAGINE	26
6.4.1.1. MASW	27
6.4.1.2. HVSr	28
6.4.2. INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW	29
6.4.2.1. MASW_1	29
6.4.2.2. MASW_2	30
6.4.2.3. MASW_3	32
6.4.3. INDAGINI SIMSICHE HVSr.....	34

6.4.3.1.	HVSR_1	34
6.4.3.2.	HVSR_2	35
6.4.3.3.	HVSR_3	36
6.4.3.4.	HVSR_4	38
6.4.3.5.	HVSR_5	39
6.4.4.	APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO - LITOLOGIA	42
6.4.4.1.	MASW_1	43
6.4.4.2.	MASW_2	45
6.4.4.3.	MASW_3	47
6.4.4.4.	HVSR_5	49
6.4.4.5.	Riepilogo	51
6.4.5.	APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – MORFOLOGIA	52
6.4.5.1.	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Z3b)	52
6.4.5.2.	Sezione 1	54
6.4.5.3.	Sezione 2	55
6.4.5.4.	Sezione 3	56
6.4.5.5.	Sezione 4	57
6.4.5.6.	Riepilogo	58
7.	SISTEMA IDROGRAFICO	59
8.	ANALISI DELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO VIGENTE (PAI-PGRA)	61
8.1.	PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DEL PO (PGRA)	61
8.2.	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	63
8.3.	VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	64
9.	IDROGEOLOGIA	66
9.1.	INTRODUZIONE	66
9.2.	PIEZOMETRIA	66
9.3.	SORGENTI	67
9.4.	VULNERABILITÀ	68
10.	CARTA DEI VINCOLI	69
10.1.	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) APPROVATO CON DPCM 26-10-2016	69
10.2.	VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (AI SENSI DELLA L.183.89)	69
10.2.1.	QUADRO DEL DISSESTO RIPORTATO NEL SIT REGIONALE	69
10.3.	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA	69
10.4.	AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE	69
10.4.1.	ZONA DI TUTELA ASSOLUTA	69
10.4.2.	ZONA DI RISPETTO	69
11.	CARTA DI SINTESI	71

11.1.	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI	71
11.2.	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	71
11.3.	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO.....	71
11.4.	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	71

ALLEGATI

- All.01 – Indagini geognostiche
- All.02 – Indagini geofisiche
- All.03 – Scheda per il censimento delle sorgenti

TAVOLE

- Tav.01 - Carta geologica e di prima caratterizzazione geotecnica – Scala 1:5000
- Tav.02 - Carta geomorfologica – Scala 1:5000
- Tav.03 - Carta della idrogeologica – Scala 1:5000
- Tav.04 - Carta dei PAI-PGRA – Scala 1:5000
- Tav.05 - Carta della PSL – Scala 1:5000
- Tav.06 - Carta dei vincoli – Scala 1:5000
- Tav.07 - Carta di sintesi – Scala 1:5000
- Tav.08 - Carta della fattibilità geologica – Scala 1:5000

1. INTRODUZIONE

Il Comune di Viadanica (BG) è dotato di studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., redatto nel 2003 e aggiornato nel 2009 secondo i criteri e gli indirizzi contenuti nella L.R. 11 Marzo 2005 n. 12 “Legge per il Governo del Territorio” entrata in vigore in data 16 marzo 2005 a seguito della pubblicazione sul BURL e nella D.G.R. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Su incarico della Comunità Montana dei Laghi Bergamaschi (Determinazione n. 89/AT del 23.10.2023) è stato predisposto il presente aggiornamento della Componente geologica del Piano di Governo del Territorio (PGT) ai sensi della D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, della D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738 e della D.G.R. 18 luglio 2022 - n. XI/6702.

L’aggiornamento della componente geologica del PGT ha le seguenti finalità:

- aggiornamento della base cartografica delle tavole presentate sostituendo il vecchio aerofotogrammetrico comunale con una versione più aggiornata;
- adeguamento dello strumento urbanistico agli strumenti di pianificazione sovraordinata (PTCP, PTR);
- recepimento delle aree allagabili delimitate nelle Mappe di Pericolosità del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) lungo il Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM), nonché la relativa normativa ai sensi della D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738;
- recepimento delle eventuali modifiche della situazione geomorfologica e aggiornamento dei dati geologici, geotecnici e idrogeologici;
- aggiornamento della componente geologica sotto il profilo sismico, al fine di ampliare l’attuale livello conoscitivo, conformemente alle attuali disposizioni di legge (D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011), e rielaborazione degli elaborati grafici;
- approfondimento sismico di II livello;
- rielaborazione della Carta dei Vincoli conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia;
- rielaborazione della Carta di Sintesi conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia;
- rielaborazione della Carta di Fattibilità conformemente alla normativa vigente e aggiornamento della relativa cartografia.

2. SINTESI BIBLIOGRAFICA

Nella fase di analisi si è proceduto alla raccolta di tutte le informazioni disponibili sul territorio in esame attraverso la consultazione di tutte le fonti bibliografiche disponibili nonché quelle specificate all'interno dell'Allegato 1 della DGR 2616/11 aggiornato con DGR 18 luglio 2022 - n. XI/6702. Le diverse fonti reperite sono così raggruppabili:

Fonte	Documentazione soggetta ad analisi
Comune di Viadanica (BG) Ufficio Tecnico Comunale (U.T.C.)	Studio Geologico comunale redatto nell'anno 2003 a cura dello studio Ecosphera S.r.l. Studio Geologico comunale redatto nell'anno 2009 a cura dello studio Ecosphera S.r.l.
Regione Lombardia (Sistema informativo territoriale)	Dati messi a disposizione dal Geoportale di Regione Lombardia
Archivio personale	Studi geologici e geotecnici eseguiti in corrispondenza del territorio comunale.

Per una visione completa dei documenti considerati e dei dati estratti da ciascuno si rimanda alla lettura dei singoli capitoli, degli allegati e della bibliografia.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale ha estensione di circa 5,45 kmq e si colloca in corrispondenza della fascia prealpina bergamasca, in corrispondenza di una piccola valle posizionata ad est della Valcalepio. L'elevazione media sul livello del mare è di circa 336 m, con quote comprese tra 228 m s.l.m. nei pressi della confluenza tra il T. Valmaggiora ed il T. Guerna e 987 m s.l.m. in corrispondenza del Monte La Rolla. Nell'insieme la superficie topografica del fondovalle immerge verso SO, con pendenza del 13% circa (Figura 3). Il tessuto urbano è costituito da diversi nuclei distribuiti sul territorio comunale.

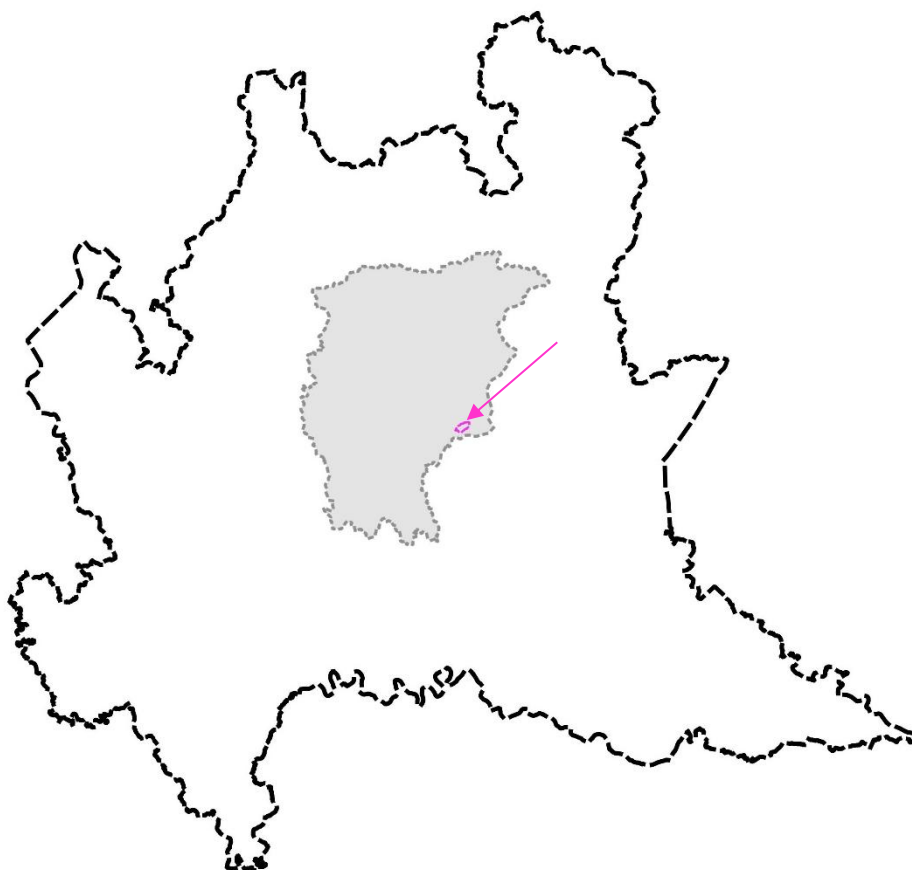


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area in esame

4. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il territorio comunale di Viadanica (BG) risulta caratterizzato principalmente da depositi eluvio-colluviali che ricoprono la maggior parte del territorio comunale, fatta eccezione per il settore occidentale e per le zone di fondovalle, dove si ritrovano depositi di natura fluviale e fluvioglaciale, glaciale e glaciolacustre. Tali depositi sono caratterizzati da spessori maggiori, mentre lungo i versanti le coperture si presentano più contenute. La litologia di entrambe le tipologie di deposito si presenta prevalentemente limoso-argillosa con presenza di clasti spigolosi e/o sub-arrotondati eterometrici dispersi nella matrice.

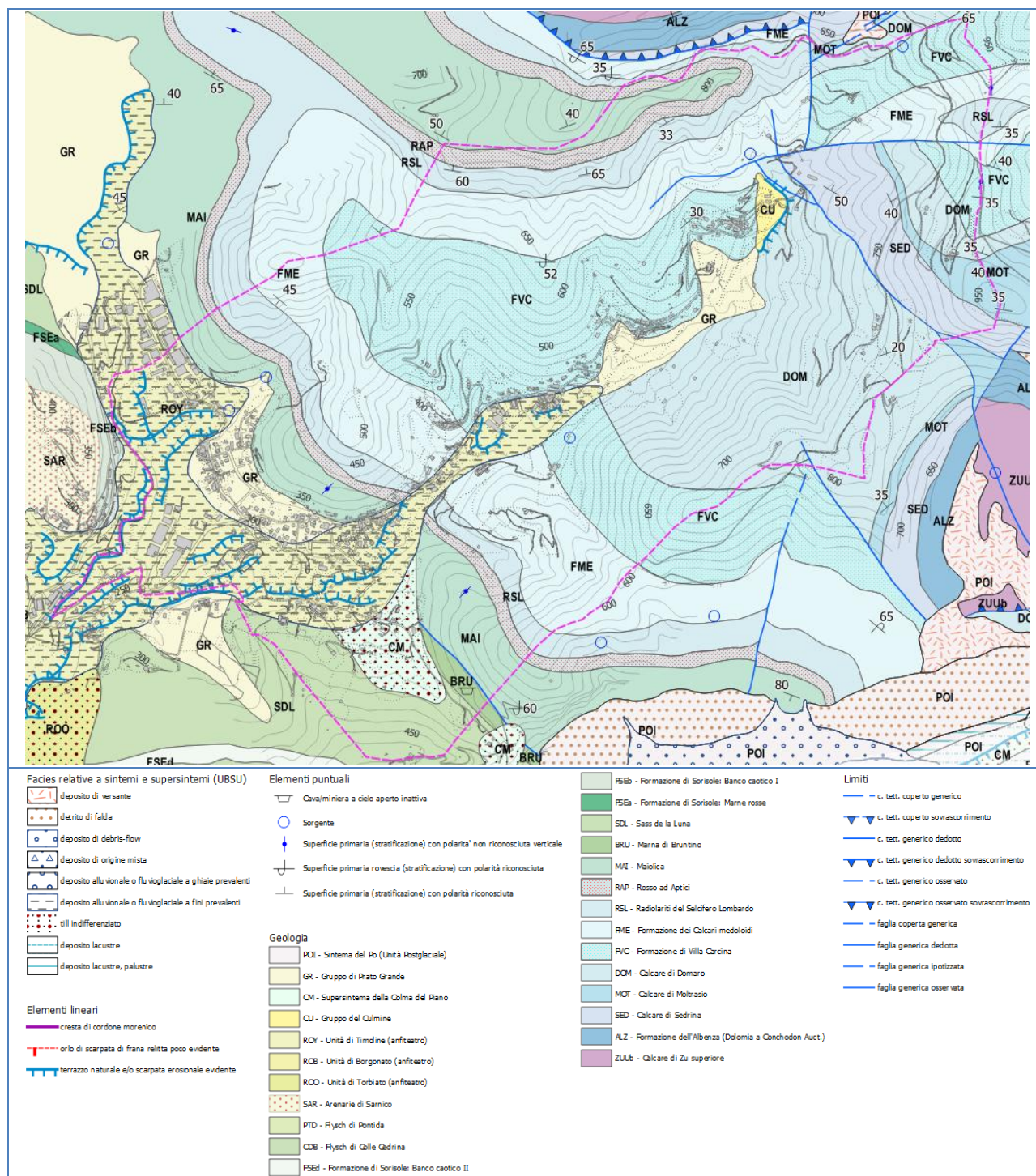


Figura 2: Estratto Carta Geologica d'Italia (progetto CARG - scala 1:50.000) con sovrapposizione confini comunali

La consultazione della cartografia ufficiale (Progetto CARG – Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000) ha permesso di classificare i depositi di copertura come appartenenti al Gruppo di Prato Grande, all'Unità di Timoline e al Supersintema della Colma del Piano. Tra le rocce affioranti si ritrovano la Maiolica, il Rosso ad Aptici, le Radiolariti del Selcifero Lombardo, la Formazione dei Calcari Medoloidi, la Formazione di Villa Carcina, il Calcare di Domaro, la Marna di Bruntino, il Calcare di Moltrasio e il Calcare di Sedrina. Dal punto di vista strutturale il territorio comunale si inserisce all'interno delle Prealpi Bergamasche nella zona delle Colline Pedemontane, costituita dai prismi torbiditici di avampaese.

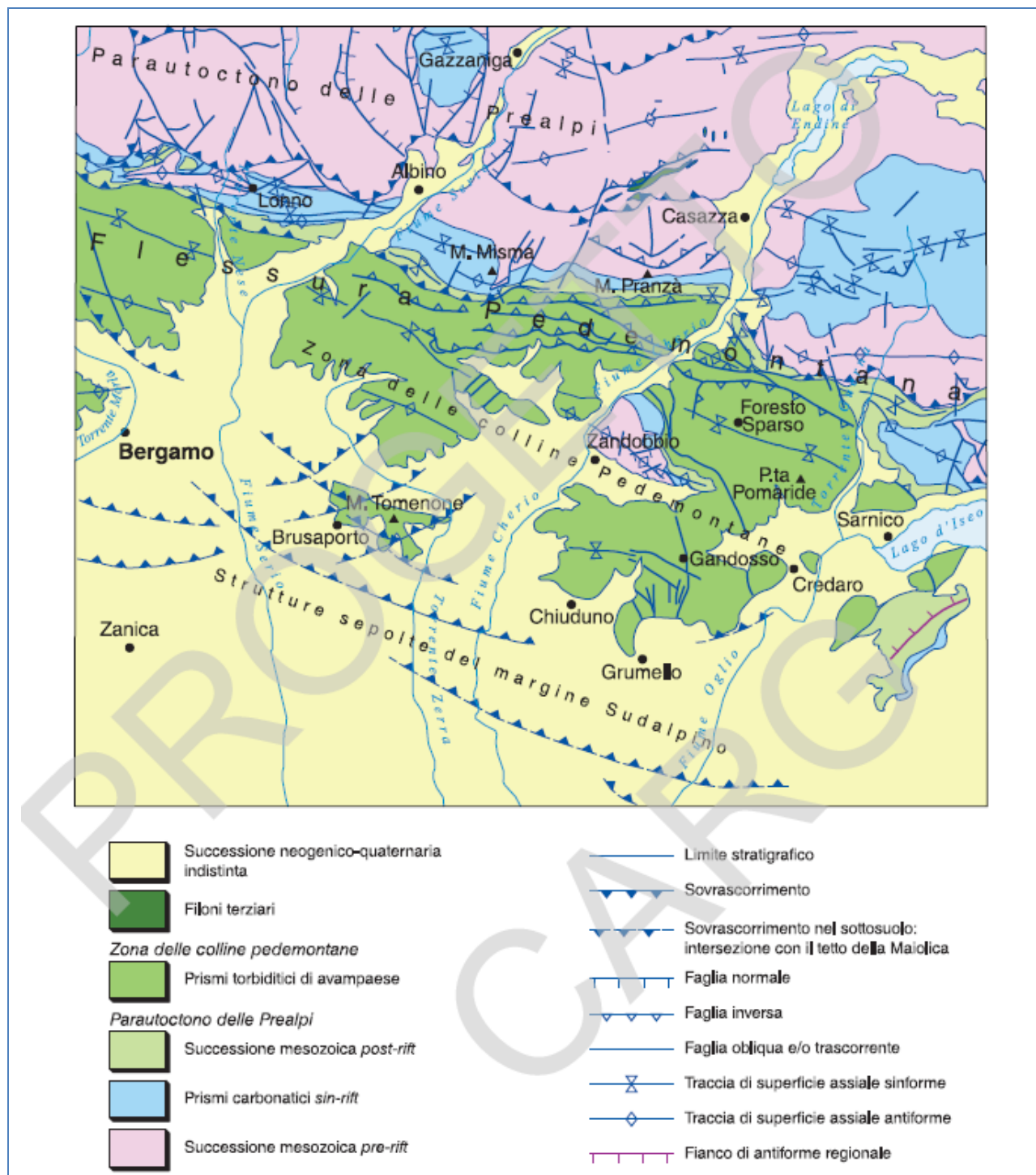


Figura 3: Schema tettonico del Foglio (progetto CARG)

Questi ultimi sono caratterizzati da pieghe e sovrascorrimenti che raddoppiano la successione cretacea, scollata dal proprio substrato in corrispondenza della Marna di Bruntino e al proprio interno in corrispondenza delle Peliti Nere del Cenomaniano-Turoniano. Il contatto tettonico con la Flessura Pedemontana è costituito da uno sciame di faglie inverse immergenti a NNW. La propagazione verso S dei sovrascorrimenti, all'interno della sovrastruttura costituita dalle unità cretache, origina coppie sinclinali-anticlinali appaiate a scala regionale, delimitate da un fianco settentrionale verticalizzato e molto continuo lateralmente.

4.1. DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

4.1.1. UNITÀ QUATERNARIE

4.1.1.1. Gruppo di Prato Grande (GR-Pleistocene)

Dal punto di vista litologico, il Gruppo di Prato Grande (GR), è costituito da depositi di versante e di frana: diamicton massivi pedogenizzati, a supporto clastico o di matrice con clasti spigolosi derivati dalle pareti soprastanti o da depositi glaciali più antichi; ammassi rocciosi disarticolati e ribassati per gravità, entro cui appare ancora riconoscibile la successione stratigrafica ma con limiti dislocati; coperture di blocchi accatastati in situ alla sommità di ammassi disarticolati.

L'Unità è di nuova istituzione e precedentemente era compresa all'interno dell'Unità Postglaciale.

Il gruppo comprende singoli corpi di frana con superficie convessa, contropendenza a monte e nicchia di distacco; estesi macereti a blocchi alla sommità di versanti ribassati per gravità; lobi e colate di materiale da piccole nicchie sul versante con morfologie sempre ben riconoscibili.

4.1.1.2. Unità di Timoline ROY-(Pleistocene)

Dal punto di vista litologico, l'Unità di Timoline (ROY), è costituita da diamicton massivi a supporto di matrice con clasti e blocchi subarrotondati (depositi glaciali), ghiaie, sabbie e limi stratificati di ambiente alluvionale, limi e limi argillosi di ambiente lacustre proglaciale.

4.1.1.3. Supersistema della Colma del Piano (CM-Pleistocene)

Dal punto di vista litologico, il Supersistema della Colma del Piano (CM), è costituito da diamicton massivi a supporto di matrice caratterizzati da profili di alterazione con orizzonti argillici multipli e clasti calcarei assenti o argillificati.

4.1.2. SUBSTRATO ROCCIOSO

4.1.2.1. Calcare di Sedrina (Hettangiano)

Il Calcare di Sedrina comprende una successione di calcari bioclastici, talora dolomitizzati, calcari oolitici e calcari marnosi, con liste e noduli di selce, a stratificazione sottile o media, piano-parallela o ondulata.

Nel complesso la formazione raggiunge spessore di rado eccedente i 120 metri e può mancare in alcuni settori, per troncatura erosionale a tetto (M. del Cavallo - Lonno - Albino, M. Misma, Grone).

In generale, nelle successioni non erose a tetto, si possono individuare tre litozone, non cartografabili, come già suggerito da Bersezio et alii (1997) e in Jadoul et alii (2000). I caratteri delle tre litozone possono essere riassunti come segue (dal basso verso l'alto):

- Litozona inferiore: potente da 15 a 40 metri circa, costituita da calcari micritici grigi, localmente in parte dolomitizzati, a stratificazione media o spessa per amalgamazione, piano-parallela, con rari noduli di selce grigio-scura, e un'associazione di bioclasti e fossili: bivalvi, gasteropodi, echinodermi,

crinoidi. Alcuni livelli sono ricchissimi di grandi bivalvi (liostrea), normalmente disarticolati. Il passaggio alla successiva litozona è in genere graduale ma molto rapido;

- Litozona intermedia (40-50 metri): formata da calcari micritici e microcristallini ad intraclasti e peloidi, di colore grigio scuro, con selci nere in noduli equidimensionali, a stratificazione piano-parallela o ondulata, media o sottile, con interstrati o giunti marnosi. Questa litozona è sostituita dalla successiva con limite netto;
- Litozona superiore (10-25 metri): costituita da calcari micritici, calcari oolitici e calcari bioclastico-fossiliferi, grigio-scuri, con abbondante selce di colore nero, grigio o biancastro. I bioclasti e i fossili sono localmente molto abbondanti, comprendendo brachiopodi, bivalvi, gasteropodi, crinoidi, echinodermi. I gruppi di strati oolitici possono costituire corpi di calcareniti a laminazione obliqua planare o concava a scala media. A luoghi la silicizzazione diviene pervasiva e pressoché totale, con colorazioni bianche o grigio-chiare (Canto Alto, Grone).

Il Calcare di Sedrina presenta l'associazione di facies tipica di una piattaforma aperta subtidale cui si intercala un ambiente più aperto e di bassa energia a sedimentazione pelagica prevalente (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.2. Calcare di Moltrasio (Sinemuriano)

Il calcare di Moltrasio è costituito complessivamente dall'associazione di cinque litozone, sovrapposte verticalmente o giustapposte lateralmente. Le litozone 1 e 2 sono cartografate con la denominazione di brecce liassiche, le litozone 3, 4 e 5 costituiscono la parte principale dei diversi prismi sedimentari in cui si articola la formazione.

Ogni litozona è caratterizzata da una specifica associazione di litofacies, riassumibile sinteticamente come segue:

- Brecce liassiche - Litozona 1: la litozona comprende corpi di breccia e megabreccia a supporto clastico, o di ortoconglomerato, con clasti di provenienza locale (Retico-Hettangiano) e intraclasti, talora non del tutto litificati. In alcuni casi le brecce hanno matrice interstiziale argillitica, di colore rosso (Grone); altrove (M. Poieto) le brecce sono intensamente silicizzate. A queste brecce si associano paraconglomerati intra-formazionali a matrice micritica, calciruditi gradate in strati spessi, lenticolari e calcari selciferi microcristallini a crinoidi, bivalvi e altri bioclasti. Spesso i corpi di breccia riempiono tasche lenticolari. In alcuni casi costituiscono filoncelli sedimentari, inseriti nelle sottostanti formazioni retico-hettangiane;
- Brecce liassiche - Litozona 2: l'associazione di litofacies comprende calcari micritici e calcilutiti grigio-nocciola o rosate, prive di stratificazione, in corpi di spessore plurimetrico, talora ricchi di fossili e bioclasti, tra cui bivalvi, gasteropodi, brachiopodi, ammonoidi, crinoidi, echinodermi, poriferi. A queste si associano dolomie cristalline a pana grossa, massive o stratificate, localmente fossilifere (bivalvi) con passaggi graduati, verticali o laterali;
- Calcari marnosi e spongolitici - Litozona 3: questa litozona comprende calcari micritici e/o microcristallini, selciferi e spongolitici, grigio-scuri o neri, in strati sottili e medi, piano-paralleli o ondulati a piccola scala, con grandi bioturbazioni, associati a marne o marne argillose, grigie, in strati sottili e molto sottili, omogenei o laminati, talora molto ricchi di carbonio organico. Sporadicamente in questa litozona possono comparire calcisiltiti gradate e laminate o slump di limitate dimensioni. Quasi ovunque i primi metri della litozona sono ricchissimi di selce nera in grandi noduli e liste, o diffusamente silicizzati. Questa silicizzazione costituisce un evento correlabile alla scala del foglio, in modo confrontabile a quanto avviene per il marker siliceo sommitale del Calcare di Sedrina;
- Calcarenitico-marnosa - Litozona 4: essa si caratterizza per la maggior frequenza degli strati risedimentati, costituiti da calciruditi, calcareniti e calcisiltiti, marnose, in strati di spessore variabile, da sottili a spessi, piano-paralleli, gradati e laminati, associati a slump calcareo-marnosi, con pieghe singenetiche e noduli di selce fluitata e rari paraconglomerati intraformazionali. Le litofacies

risedimentate si associano a subordinati livelli di calcari micritici e/o microcristallini, selciferi e spongolitici, con interstrati di marne o marne argillose, grigie;

- Calcari selciferi microcristallini - Litozona 5: questa litozona caratterizza le successioni meno potenti del calcare di Moltrasio, comprendendo principalmente calcilutiti grigie parzialmente silicizzate, con noduli di selce talora concentrati e comunque molto abbondanti. A queste si associano interstrati molto sottili di marna argillosa.

Il Calcare di Moltrasio è tipico di un ambiente di sedimentazione caratterizzato da forti contrasti tra le zone di alto strutturale, tettonicamente mobile, con sviluppo localizzato di facies di mare basso, fangose e zone bacinali, con profondità superiori ai 200 metri, prossime a scarpate o a margini ripidi e tettonicamente attivi, in cui si accumulano brecce o megabrecce, slump e calcari risedimentati associati a facies pelagiche o emipelagiche (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; *Progetto CARG, ISPRA*).

4.1.2.1. Calcare di Domaro (Pliensbachiano)

Il Calcare di Domaro è costituito dall'associazione di due litozone, che si susseguono verticalmente e si giustappongono lateralmente, determinando le variazioni laterali della formazione, in stretta correlazione con le variazioni di spessore:

- Litozona inferiore: è nota informalmente come membro di Botta, presente in corrispondenza delle zone in cui lo spessore del Calcare di Domaro si riduce a poche decine di metri. Esso si sviluppa per uno spessore variabile da 5 a 50 metri circa, a partire dal limite formazionale inferiore ed è costituito da una peculiare associazione di facies, comprendente: calcilutiti grigio-chiare, bianco-rosate o rosso mattone, in strati sottili molto regolari, piano-paralleli, intercalati a marne argillose rosse o verdognole, con struttura flaser-nodulare, a noduli di calcilutite grigia o nocciola. Negli stessi interstrati sono presenti livelli di bioclastiti a bivalvi, ammonoidi, belemniti, crinoidi. Localmente, ove il membro e l'intera formazione presentano gli spessori minimi, a questi litotipi si associano paraconglomerati intraclastici, a matrice argilloso-marnosa rossa e intraclasti molli o semilitificati di calcilutite grigio-chiara, con subordinati litici calcarei e silicei intrabacinali. Questa litofacies costituisce lenti di spessore variabile da centimetrico a metrico e di limitata estensione laterale, in associazione con litocalciruditi e ortoconglomerati fini, a litoclasti calcarei e intraclasti, in strati lenticolari di spessore variabile da decimetrico a metrico. Il membro di Botta passa verticalmente e lateralmente, in modo graduale, prima ad una successione di calcilutiti regolarmente stratificate, selcifere, grigiochiare, poi all'associazione prevalente delle litofacies a calcari marnosi selciferi.
- Litozona superiore: corpo principale del Calcare di Domaro, rappresenta la massima parte dello spessore e dell'estensione laterale dell'unità. Si tratta di una successione aciclica di strati piano-paralleli, calcareo-marnosi, selciferi, con interstrati marnoso-argillosi. La litozona è caratterizzata da un'articolata associazione di facies, che comprende: calcari marnosi grigio-chiari, selciferi, con liste e noduli di selce grigio-chiara, ocra o rosata, in strati piano-paralleli o paralleli-ondulati, da medi a spessi, passanti con gradualità a tetto e letto agli interstrati marnoso-argillosi. Questa litozona è caratterizzata dalla fine dispersione delle bioturbazioni, che interessano gli strati uniformemente da tetto a letto. Localmente si ritrovano bivalvi, ammonoidi, rari crinoidi. Gli interstrati sono costituiti da marne e marne argillose, omogenee o laminate, di colore grigio chiaro, ocra o verdognolo, in strati variabili da molto sottili a medi.

L'ambiente di deposizione del Calcare di Domaro è pertanto costituito da una serie di bacini estensionali, asimmetrici, con margini sollevati e tettonicamente attivi durante la sedimentazione, di dimensioni longitudinali chilometriche (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; *Progetto CARG, ISPRA*).

4.1.2.2. Formazione di Villa Carcina (Toarciano inferiore)

La Formazione di Villa Carcina è un'unità a geometria regionale cuneiforme, con spessore massimo di circa 300 metri, la cui sezione maggiormente rappresentativa è ubicata in corrispondenza del comune di Viadanica.

Il limite inferiore è netto, per appoggio di un intervallo marnoso talora decametrico sui calcari marnosi tipici della sommità del Calcare di Domaro; il limite superiore è graduale, per transizione da calcari marnosi a calcilutiti selcifere.

Nell'area di massima potenza, presso Viadanica, la formazione comprende una successione caratteristica, che varia lateralmente congiuntamente alla riduzione di spessore. Alla base si riconoscono fino a 35 metri di marne e marne calcaree marroncinie, massicce o stratificate; il loro assottigliamento è accompagnato da una variazione di colore, fino a rosso mattone, e dalla comparsa di orizzonti nodulari. Nelle successioni estremamente ridotte (M. Misma, Grone) al limite tra la formazione di Villa Carcina e il Calcare di Domaro si interpone un intervallo di marne encrinetiche che poggiano su corpi risedimentati in massa (Bersezio et alii, 1996). La litozona marnosa è seguita da una successione, potente oltre 150 metri, costituita da alternanze di calcareniti/calciruditi in strati gradati e laminati, passanti a marne e marne argillose associate a rare calcilutiti selcifere e slump. In generale queste litofacies si associano a costituire sequenze positive, a base erosionale debolmente concava con lenti calcirudite ricche di litoclasti e bioclasti, seguite da gruppi di strati progressivamente più fini e sottili, costituiti da coppie calcarenite-marna. Ogni sequenza termina con alternanze di calcilutiti selcifere e marne argillose. La silicizzazione di fossili e bioclasti e degli strati laminati è un carattere estremamente diffuso. La formazione di Villa Carcina termina con un ulteriore pacco di sedimenti calcarenitico-marnosi selciferi, potente al massimo un centinaio di metri. Nelle successioni di massimo spessore questo intervallo è costituito da coppie calcarenite fine - marna, gradate e laminate, molto simili a classiche torbiditi con sequenza di Bouma, associate a marne argillose, calcilutiti selcifere e slump. L'intervallo presenta strati tabulari generalmente organizzati in gruppi calcarenitici separati da livelli marnosi, privi di ciclicità o con sequenze negative. L'assottigliamento verso W coincide con la scomparsa delle marne, l'estrema riduzione in spessore e frequenza degli strati risedimentati e una diffusa silicizzazione, con colore della selce variabile dal rosa al grigio (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.3. Formazione dei Calcari medoloidi (Bajociano)

La formazione dei Calcari Medoloidi è in massima parte costituita da un'alternanza aciclica di calcilutiti selcifere, marne e marne argillose omogenee o laminate, coppie calcisiltite-marna e slump calcareo-marnosi, con composizione prevalentemente pelagica. Verso la sua chiusura occidentale essa perde quasi interamente gli interstrati di marne argillose e vede diminuire spessore e frequenza delle coppie calcisiltite-marna. Nella sua porzione sommitale diversi metri sotto il limite formazionale di tetto, si sviluppa un tipico pacco di strati, interamente silicizzato, di spessore metrico-decametrico, che può costituire un marker locale. Ad W del M. Misma, i 15-25 metri sommitali della formazione dei Calcari Medoloidi sono costituiti da calcilutiti selcifere, nocciola o rosate; ad E dello stesso queste calcilutiti sono sostituite da marne e marne argillose o calcaree, di colore rosso mattone, con abbondanti bivalvi pelagici, crinoidi, belemniti e altri bioclasti. In alcuni casi (Grone) è tipica la presenza di livelli flaser-nodulari decimetrici (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.4. Radiolariti del Selcifero Lombardo (Aleniano-Bajociano)

Le Radiolariti comprendono selci a stratificazione centimetrica o decimetrica piano-parallela o piano-ondulata, talora con geometrie mammellonari, con interstrati argillosi solo localmente presso la base e il tetto dell'unità, debolmente marnosi. Nella parte superiore della formazione compaiono strati marnoso-calcarei, silicizzati, di spessore centimetrico, che aumentano progressivamente di frequenza e spessore, fino a prevalere sulle selci stratificate. Il colore delle selci varia in modo regolare e abbastanza uniforme, con la porzione inferiore caratterizzata da colore bruno, grigio scuro o verde scuro e un passaggio graduale, verso l'alto, a colorazioni bruno-violacee fino a rosso mattone. Queste ultime prevalgono ove le litologie calcareo-marnose silicizzate sono ormai dominanti.

Le radiolariti derivano principalmente da decantazione pelagica di lutiti siliceo-carbonatico-argillose e dalle successive trasformazioni diagenetiche. Meccanismi di introduzione eolica del materiale terrigeno sono resi evidenti dalla tipologia e dalla micromorfologia dei clasti siltosi. Rari e occasionali sono gli strati prodotti da

processi di redistribuzione o risedimentazione di tipo torbido o massivo. La ciclicità climatico-orbitale si riflette nell'organizzazione in bundle di alcune porzioni della successione, e nelle ritmicità silice/argilla (Baumgartner, 1987). Nel complesso le Radiolariti mantellano la topografia ereditata dalla strutturazione sin-rift del Bacino Lombardo, derivando le proprie variazioni di spessore da variazioni locali del tasso di subsidenza per compattazione o dalla preesistenza di depressioni non colmate dalle formazioni precedenti (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.5. Rosso ad Aptici (Kimmeridgiano-Titoniano)

Il Rosso ad Aptici presenta le successioni più complete, potenti da 20 a 35 metri, nelle zone di Nembro, Viganò San Martino e Sarnico. In queste situazioni si riconoscono due litozone non cartografabili separatamente. La litozona inferiore è costituita da marne silicee e calcari selciferi rosso-violacei, con selci in noduli rossi o nocciola e determina il passaggio transizionale alle sottostanti Radiolariti; la stratificazione è sottile, in genere piano-parallela o ondulata, e ai litotipi indicati localmente si associano lenti di brecce, paraconglomerati e slump. La litozona superiore è costituita da alternanze di calcari marnosi rosati, calcilutiti crema o rosa con selci in noduli e liste rosse, miele o nere e giunti argillitici rossi o grigi; sottilmente stratificata, passa progressivamente a calcilutiti bianche e rosate verso l'alto. In molte aree il Rosso ad Aptici si riduce fino a non essere separabile cartograficamente dalle Radiolariti. In queste zone la riduzione di spessore si accompagna ad una riduzione dell'abbondanza delle argille. L'unità è costituita da calcilutiti debolmente marnose, rosse, selciferi, sottilmente stratificate, talora con geometrie pseudonodulari o flaser nodulari. In queste successioni possono essere presenti lenti paraconglomeratiche ad intraclasti marnosi.

Il Rosso ad Aptici presenta caratteri di deposizione pelagica in grado di mantellare la topografia ad alti e bacini ereditata dal Liassico. Ai sedimenti pelagici si associano localmente brecce, slump e paraconglomerati dovuti a processi di risedimentazione in massa. È verosimile che la presenza di questi corpi sia da porre in relazione ai gradienti di pendio ancora presenti e associati alla persistenza dei paleoalti liassici, oltre che alla subsidenza differenziale delle successioni bacinali, più potenti e argillose rispetto a quelle marginali (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.6. Maiolica (Titoniano superiore)

La Maiolica è costituita da una successione piuttosto monotona di calcilutiti bianche, grigio chiare o crema in strati sottili o medi, piano-paralleli o ondulati, con bioturbazioni sparse, a liste e noduli di selce, cui si alternano in proporzioni variabili interstrati marnosi o argillosi centimetrici, omogenei o laminati, spesso ricchi in materia organica, che possono costituire veri e propri black shale. A queste litofacies, costituenti la maggior parte dell'unità, si associano litofacies risedimentate, intrabacinali, costituite da: strati di calcareniti-calcisiltiti gradati e laminati, sottili o medi, piano-paralleli; lenti paraconglomeratiche di spessore metrico, ad intraclasti calcilutitici, silicei e marnosi, immersi in matrice micritica; slump a geometria lenticolare, di potenza al massimo decametrica, coinvolgenti pacchi di strati di Maiolica o di Rosso ad Aptici. L'associazione regionale delle facies pelagiche e di quelle risedimentate definisce l'organizzazione della Maiolica in 6 litozone, modulata dalla ritmica fluttuazione di frequenza e spessore degli interstrati marnoso-argillosi e dalla distribuzione dei corpi risedimentati. In estrema sintesi, dal basso stratigrafico, si riconoscono le seguenti litozone:

- Litozona I: costituisce l'intervallo di transizione tra Rosso ad Aptici e Maiolica. Si tratta di alternanze di calcilutiti color crema e rosate, con noduli di selce, alternate ad interstrati marnosi grigi o rosso mattone. La litozona contiene grandi corpi di slump e paraconglomerato e corrisponde lateralmente ad una discontinuità stratigrafica;
- Litozona II: si tratta di gruppi di strati sottili di calcilutiti bianche con liste di selce grigia ritmicamente intercalate, praticamente privi di intercalazioni marnoso-argillose. Questi gruppi di strati, potenti 5-15 metri, si ripetono nella successione alternandosi alle altre litozone;
- Litozona III: si tratta di una complessa alternanza di strati risedimentati in massa (slump e paraconglomerati), calcisiltiti gradate e laminate, calcilutiti con noduli di selce e interstrati marnoso-

argillosi con rari black shale. Questa litozona, potente fino a 30 metri, ricopre la litozona I e può alternarsi ai gruppi di strati della litozona II.

- Litozona IV: comprende la caratteristica associazione di facies che definisce l'evento valanginiano, ricca in argille e marne con frequenti black shale, associate a calcilutiti con noduli di selce nera e a strati risedimentati (calcareniti fini gradate e laminate, paraconglomerati, slump). La litozona IV, potente fino a 40 metri, ricopre sempre la litozona III e si alterna raramente con le litofacies della litozona II;
- Litozona V: si tratta dell'alternanza regolare di calcilutiti e black shale, con percentuale in materia organica che può raggiungere il 7%, pressoché priva di strati risedimentati, che caratterizza la parte barremiana della Maiolica, con spessore massimo di 35 metri;
- Litozona VI: si tratta della litozona di transizione tra Maiolica e marna di Bruntino (Aptiano inferiore), presente o conservata solo localmente a causa della presenza di una discontinuità stratigrafica e della sistematica relazione di scollamento tettonico tra le due formazioni. La litozona è costituita da calcisiltiti gradate e laminate, calcilutiti selcifere e interstrati marnoso-argillosi, il cui spessore e frequenza crescono verso il limite formazionale superiore.

La Maiolica costituisce il drappo pelagico che mantella la fisiografia del Bacino Lombardo in ambiente batiale. Ai meccanismi di sedimentazione pelagica, modulati dai cicli di produttività a frequenza orbitale, corrispondono sequenze di calcilutiti punteggiate da eventi anossici, a loro volta rappresentati da orizzonti di black shale. I processi di risedimentazione determinano il frequente sviluppo di unità torbiditiche intrabacinali e di corpi di slump. La distribuzione spazio-temporale di questi corpi risedimentati e la relazione con lo sviluppo di discontinuità stratigrafiche ha suggerito che, tra il Tortoniano e l'Aptiano, il Bacino Lombardo sia stato soggetto a tettonica sinsedimentaria, durante la fase di ristrutturazione transtensiva dei lineamenti paleogeografici ereditati dal rifting liassico (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.7. Marna di Bruntino (Aptiano inferiore)

La marna di Bruntino è costituita da una successione di argilliti varicolori, marne, siltiti e areniti fini torbiditiche con locali intercalazioni di corpi conglomeratici lenticolari.

Sulla base delle associazioni di facies, la marna di Bruntino è stata suddivisa in tre litozone non cartografate separatamente, di seguito descritte dal basso verso l'alto:

- Litozona inferiore ("pelagica"): è costituita da argilliti varicolori e marne in strati sottili e medi, piano paralleli, definiti frequentemente dalle variazioni ritmiche di colore, che gradualmente passa dal nero al verde oliva al rosso-violaceo. I livelli nerastri sono normalmente dei veri e propri black shale con contenuto in materia organica che può raggiungere il 3%. Ai litotipi argilloso-marnosi sono associati strati di calcari debolmente marnosi e spesso silicizzati, sottili o medi, piano-paralleli, di colore grigio plumbeo, e strati di areniti ibride, bioclastiche, a laminazione obliqua concava a piccola scala, in strati sottili e medi a base netta e piana e tetto netto ondulato. Questa litozona può raggiungere lo spessore di 50 metri o mancare lateralmente, ove alla base della formazione è presente la discontinuità che la delimita. Gli orizzonti di black shale sono riferibili all'evento anossico oceanico;
- Litozona intermedia ("torbiditica"): è costituita da areniti fini e siltiti in strati sottili o medi gradati e laminati, piano-paralleli, con base netta e passaggio graduale a tetto verso marne argillose; queste si alternano con marne e marne calcaree in strati medi o spessi, fino a banchi. Questi banchi sono corpi plurimetrici a base gradata, da ruditica a siltitica, interamente omogenei e bioturbati, passanti lateralmente a slump con pieghe sin-genetiche e strutture fluidali. La porzione centrale della litozona è caratterizzata dall'abbondanza della materia organica nelle marne e nelle areniti, suggerendo la correlazione con l'evento anossico oceanico. La litozona intermedia costituisce un litosoma ben individuato, a geometria lenticolare, potente fino a 70 metri. La litozona può appoggiare in modo netto direttamente sulla Maiolica per mezzo di corpi lenticolari di areniti ibride grossolane, gradate e laminate e conglomerati fini, caratteristicamente silicizzati, evidenziando la mancanza della litozona inferiore e la discontinuità con lacuna che delimita a letto la marna di Bruntino;

- Litozona superiore (“marnosa”): la litozona comprende una successione di marne e marne calcaree, potente 10-50 metri, caratterizzata da strati e banchi marnosi omogenei o gradati, con basi piane e nette, associati ad argilliti marnose varicolori, calcari marnosi silicizzati e black shale. La composizione pelagica e intrabacinali degli strati risedimentati denuncia la transizione verso il regime deposizionale che caratterizza il soprastante Sass de la Luna.

La marna di Bruntino apre la sedimentazione terrigena nel Bacino Lombardo, in ambiente batiale inferiore-medio, e contiene il primo litosoma torbido silicoclastico ad alimentazione extrabacinali (Austroalpino e Subalpino, Bersezio, 1992). I processi deposizionali torbido sono accompagnati dalla messa in posto di slump e dalla sedimentazione pelagica e emipelagica di fondo. La conservazione della materia organica nei ricorrenti livelli di black shale è ben correlabile temporalmente ai sub-eventi anossici globali (*“Note illustrative – Foglio 098 Bergamo”*; Progetto CARG, ISPRA).

4.1.2.8. Sass de la Luna (Albiano Superiore)

Il Sass de la Luna affiora, come la marna di Bruntino, lungo il fascio di strutture della Flessura Pedemontana e a sud delle stesse, nella zona a pieghe e faglie che caratterizza le colline pedemontane.

Il Sass de la Luna è stato suddiviso in due litozone di seguito descritte:

1. Litozona inferiore: questa litozona comprende una successione di marne e marne calcaree grigie o grigio-brune, localmente rossastre, potente da 40 m a 120 m. È costituita dall'associazione di tre litofacies:
 - a. strati marnosi gradati e laminati, da medi a spessi, piano-paralleli;
 - b. mare omogenee o laminate grigie o rossastre, in strati medi o sottili, piano-paralleli;
 - c. calcilutiti a stratificazione sottile o molto sottile, piano-parallela, con abbondanti bioturbazioni e locale silicizzazione.

Nelle successioni meridionali più potenti, gli strati marnosi gradati e laminati si alterano regolarmente alle marne emipelagiche grigie o rossastre, talora sviluppando sequenze negative. Il limite inferiore della litozona è sempre graduale, per progressivo aumento della frazione calcarea e graduale scomparsa dei colori verdi, neri e infine rossi, che caratterizzano la sottostante marna di Bruntino.

2. Litozona superiore: questa litozona è costituita in prevalenza da calcari marnosi che presentano tutti i caratteri tipici dei depositi risedimentati con uno spessore che raggiunge i 250 m. La litozona deriva dall'associazione aciclica delle seguenti litofacies:
 - a. calcareniti e marne calcaree gradate e laminate, in strati piano-paralleli, medi e spessi;
 - b. banchi calcareo-marosi omogenei e fortemente bioturbati, il cui spessore può raggiungere i 10 m, con base piana e netta di solito sottolineata dalla presenza di un conglomerato intraclastico;
 - c. calcareniti a laminazione obliqua planare, in strati sottili a base netta e tetto ondulato;
 - d. marne emipelagiche grigie, omogenee o laminate, in strati sottili e medi intercalati agli strati risedimentati;
 - e. calcilutiti a stratificazione sottile, piano-parallele, omogenee, talora silicizzate.

La litozona superiore presenta i massimi spessori tra Bergamo e Villa di Serio-Zandobbio, cioè nella zona assiale della fascia di affioramento. In questo settore essa si configura come una successione monotona, priva di ciclicità, punteggiata dai banchi calcarei più potenti, la cui frequenza e spessore aumentano verso l'alto. Alla sommità, poco sotto il limite formazionale superiore, gli strati calcareo-

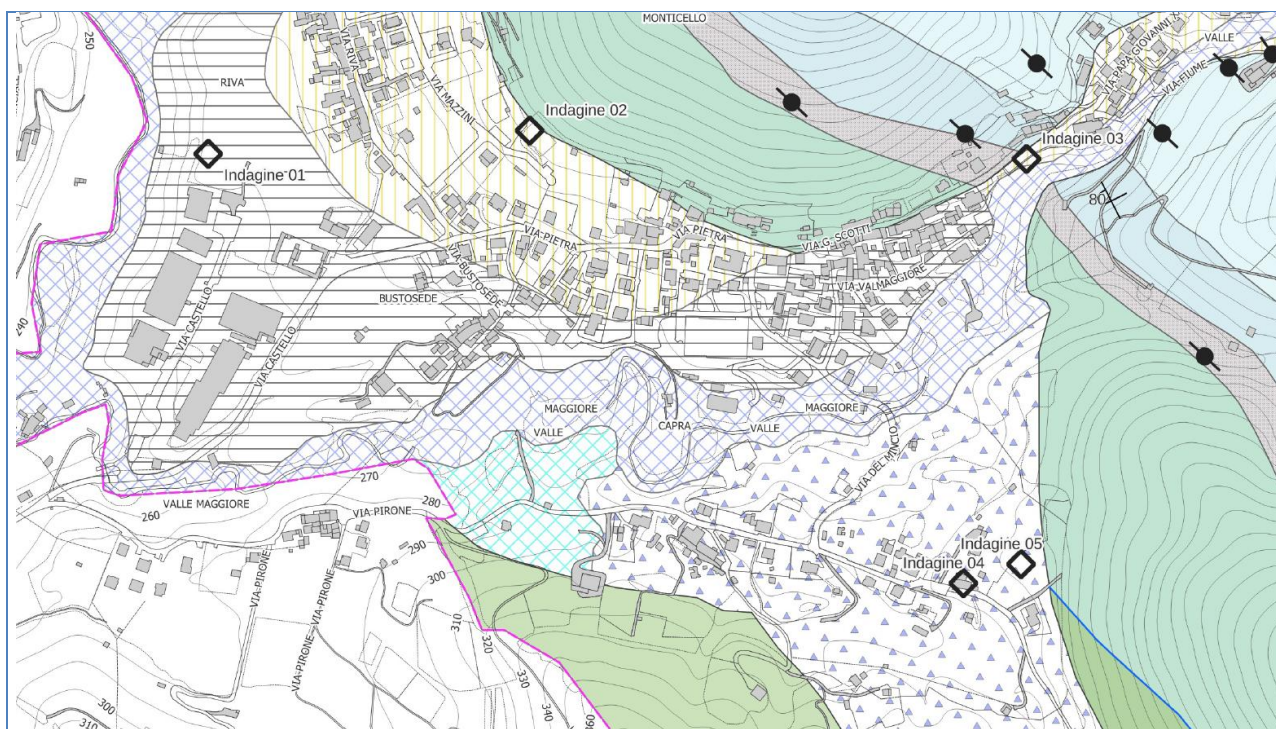
marnosi risedimentati diminuiscono di numero e spessore; gli ultimi metri del Sass de la Luna sono quindi caratterizzati dall'alternanza di calcilutiti pelagiche e marne emipelagiche. Il limite di letto della litozona superiore è graduale, per progressivo aumento della frequenza e dello spessore degli strati calcareo-marnosi risedimentati. Progressivamente la successione diviene decisamente più calcarea rispetto ai caratteri delle litofacies della litozona inferiore.

Le microfacies degli strati calcarei gradati e laminati del Sass de la Luna sono principalmente packstone passanti a wackestone a foraminiferi planctonici e bentonici, radiolari, calcisfere, bivalvi a guscio sottile, rari ammonoidi non determinabili, rari crinoidi e intraclasti. Le basi ruditiche dei banchi marnosi omogenei sono rudstone e floatstone ad intraclasti calcarei e selciosi, con una microfauna corrispondente a quanto indicato per le calcareniti. Le calcareniti a lamine oblique planari sono caratterizzate da una frazione quarzosa, frammista a radiolari e foraminiferi planctonici, con ottima selezione granulo-metrica. Le calcilutiti pelagiche infine sono mudstone a radiolari e foraminiferi, talora silicizzate in quarzo microcristallino.

Il Sass del la Luna presenta uno spessore complessivo variabile da 70/80 a circa 330 metri.

Tale formazione costituisce il primo significativo prisma cuneiforme torbiditico del Bacino Lombardo, allungato in direzione E-W, con terminazioni marginali a N e a S e assottigliamento verso il margine orientale e il settore distale occidentale (*"Note illustrative – Foglio 098 Bergamo"; Progetto CARG, ISPRA*).

4.2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI



Indagine	Tipologia	Spessore copertura [m]
Indagine 01	Prove penetrometriche	>10,2
Indagine 02	Trincea esplorativa	>3,0
Indagine 03	Prove penetrometriche	c.a. 7,4
Indagine 04	Trincea esplorativa	>2,3
Indagine 05	Scavo di sbancamento	>4,0

Le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale di Viadanica sono state desunte mediante la consultazione delle indagini geognostiche pregresse e/o eseguite dallo scrivente in

corrispondenza dell'area, nonché riferendosi ai dati disponibili in bibliografia e negli studi geologici eseguiti precedentemente.

Sostanzialmente si evidenzia la presenza di depositi superficiali di natura prevalentemente limoso argillosa con caratteristiche geotecniche che vanno da discrete a scadenti. In corrispondenza dei versanti gli spessori risultano molto variabili ma mediamente sono dell'ordine dei 3-4 metri nelle aree di raccordo con il fondovalle, mentre assumono spessori inferiori, fino a pochi centimetri nelle zone più a monte. I depositi cartografati come fluviali, fluvioglaciali, glaciali e glaciolacustri, possono invece raggiungere valori anche maggiori di 10 m.

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

5.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico il territorio comunale di Viadanica si trova in posizione laterale sinistra rispetto alla valle del torrente Guerna, comprendendo interamente la Valmaggiora e la piccola valle dei Rasetti. Lungo la porzione medio bassa del versante esposto a sud della Valmaggiora si individua una serie di ripiani di età quaternaria e di varia natura, dove si sviluppano i nuclei abitativi storici di Viadanica dal centro storico comunale (300-350 m s.l.m.), alle località Colognola (q.380-400 m s.l.m.), Giogo (460-480 m s.l.m.) e Lerano (560-570 m s.l.m.). Il ripiano del centro storico di Viadanica è costituito in prevalenza da depositi quaternari. La natura dei depositi risulta prevalentemente di argille e limi contenenti clasti calcarei provenienti dalla disaggregazione delle rocce carbonatiche esistenti nella zona a monte e trasportate dagli antichi processi di dilavamento idrico e di trasporto gravitativo con accumuli in coni a debole pendenza interessati da successive erosioni. A monte dei nuclei abitativi si segnalano localmente falde di detrito colonizzate, ma sempre frammiste ai depositi colluviali.

L'attuale morfologia del territorio della Valmaggiora è il risultato del progredire dei processi geologici (agenti endogeni) e dei fenomeni più recenti e superficiali (agenti esogeni). Dall'osservazione della carta geomorfologica emerge come l'area in oggetto sia caratterizzata dalla presenza di diversi ambiti morfologici, di seguito descritti, ascrivibili all'azione predominante di un agente morfogenetico sugli altri:

- **Morfologia strutturale:** sono aree a forte controllo strutturale, dominate cioè dalla stratificazione, fratturazione e dislocazione del substrato roccioso. Sono tipiche delle fasce altimetricamente più elevate ed in particolare del Monte Bronzone e delle aree più acclivi della Valmaggiora. Tale morfologia è caratterizzata da orli di scarpate morfologiche in roccia e da pareti subverticali;
- **Morfologia glaciale:** è il prodotto dell'azione del ghiacciaio quaternario camuno che, in movimento lungo alcune direttrici principali lungo il lago d'Iseo, ha interessato anche le valli secondarie. Le forme principali sono le rocce montonate (Corno di Predore), rocce arrotondate con superfici convesse e strie, e gli accumuli di materiale trasportato lungo i fianchi della lingua glaciale. Depositi d'origine glaciale associati ad un cordone morenico sono osservabili lungo la valle Pirone-Le Sorti, ultima tributaria sinistra della Valmaggiora. Lungo la cresta che separa Viadanica da Sarnico sono presenti anche alcuni massi erratici;
- **Morfologia glaciolacustre:** sono aree legate all'azione di sbarramento delle vallecole laterali esercitata dal ghiacciaio, con creazione di piccoli bacini lacustri caratterizzati dalla sedimentazione di terreni argillosi. Tali sedimenti presentano un'alternanza tipica fra sottilissimi livelli di colore grigio e di colore azzurro (varve), legati al ciclo delle stagioni durante la permanenza del ghiacciaio. Sulle piane glaciolacustri così formatesi, presenti all'imbocco della Valmaggiora e della Valle Rasetti, sorge l'abitato principale di Viadanica e Riva;
- **Morfologia acque superficiali:** è legata all'azione dei corsi d'acqua che attraverso l'erosione, il trasporto e la sedimentazione modellano continuamente gli ambiti di pertinenza fluviale. Si collocano in tale ambito tutte le aste torrentizie principali e secondarie del bacino del T. Valmaggiora e del T. Rasetti. Per quanto riguarda le problematiche connesse con il reticolo idrografico minore si rimanda all'apposito capitolo;
- **Morfologia gravitativa:** formano la fascia di raccordo fra il fondovalle ed i pendii laterali. Sono aree dove l'agente morfogenetico dominante è dato dalla gravità, con conseguente innesco di fenomeni franosi di diversa entità, crolli di roccia, smottamenti. Predominano i detriti di versante, formati dalla lenta disaggregazione del substrato roccioso ed i depositi d'origine eluvio-colluviale;
- **Morfologia carsica:** in queste aree l'infiltrazione nel terreno e la circolazione idrica sotterranea rivestono un ruolo fondamentale. I processi di dissoluzione e di precipitazione chimica che si innescano nel sottosuolo portano alla formazione di cavità ipogee, cunicoli, grotte e doline (in

superficie). Tali morfologie sono presenti, nel territorio comunale di Viadanica in prossimità del Corno Buco, al confine con Predore.

Come precedentemente esposto la presenza di depositi eluvio-colluviali (di natura prevalentemente limoso-argillosa) in spessori significativi comporta la diffusione nel territorio comunale di fenomeni di dissesto (smottamenti, frane di piccole dimensioni, soliflusso, dilavamento superficiale) a carico delle coperture, più marcati lungo i pendii più acclivi.

Tali fenomeni di dissesto, oltre che i pendii più acclivi, possono interessare anche gli orli dei terrazzi morfologici delimitanti i solchi torrentizi. Anche l'azione erosiva dei corsi d'acqua a carico del piede dei pendii può provocare l'innescarsi di movimenti gravitativi a carico delle coperture superficiali e del substrato alterato sottostante, come nel caso della frana che ha interessato nel 1996 l'alto corso della Valmaggiora ed attualmente recuperata attraverso interventi d'ingegneria naturalistica.

In sintesi il territorio comunale di Viadanica è caratterizzato dalla presenza diffusa di fenomeni d'instabilità delle coperture quaternarie, con movimento superficiale del suolo od innesco di movimenti franosi di modesta entità, legati sia all'acclività sia alla natura litologica degli stessi. Tali fenomeni comunque difficilmente raggiungono dimensioni tali da comportare gravi rischi per la popolazione (per eventi non eccezionali), ma vanno tenuti in debita considerazione in sede d'indagine preliminare a supporto delle nuove edificazioni.

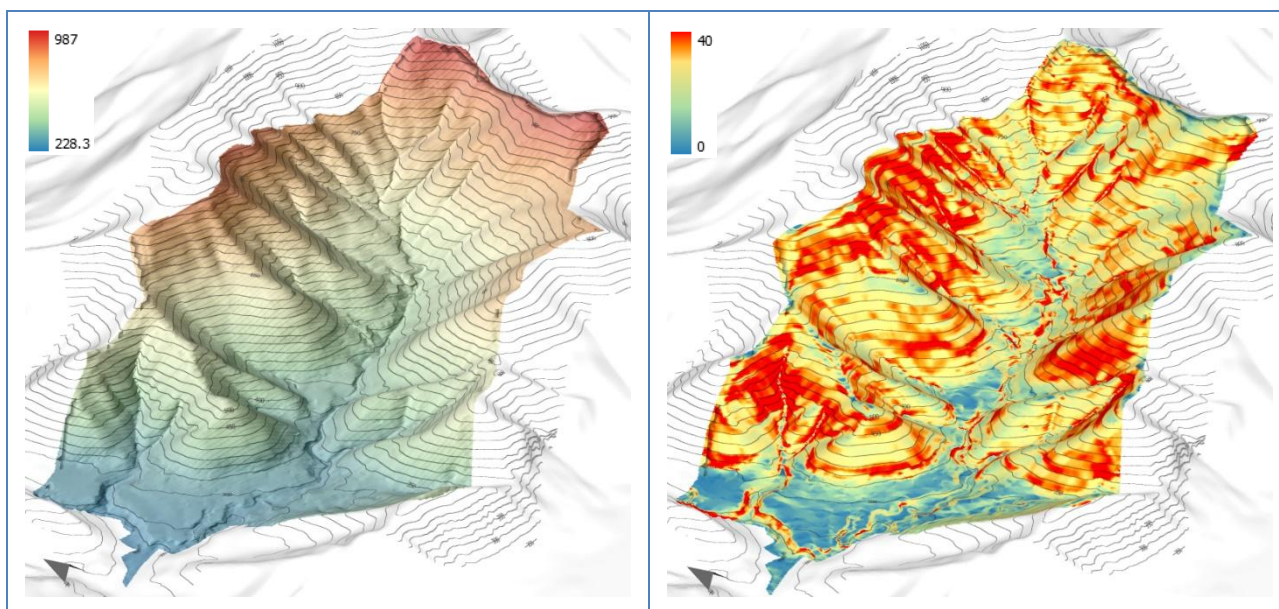


Figura 4 – Vista 3D della distribuzione dei valori altimetrici (sx) e di pendenza (dx) nel comune di Viadanica

6. PERICOLOSITÀ SISMICA

6.1. INTRODUZIONE

La valutazione del rischio sismico di un territorio prevede, inizialmente, la verifica della sua collocazione nell'ambito della zonazione sismogenetica del territorio nazionale. La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone. L'obiettivo di questa ricerca è stata la realizzazione di un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro tettonico oggi disponibile. Il contesto geologico strutturale in cui si colloca il territorio di Viadanica fa parte della provincia tettonica dall'Arco Alpino, caratterizzata da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e da faglie inverse associate.

La zona 907, in cui ricade il Comune di Viadanica, include la parte meridionale delle provincie di Bergamo e Brescia ed è caratterizzata normalmente da una sismicità medio-bassa, fatta eccezione per il terremoto di Soncino (1802) a cui viene associata una magnitudo intorno a 5.9. I meccanismi di fagliazione, responsabili della generazione dei terremoti, sono prevalentemente di tipo compressivo (faglie inverse) e le profondità ipocentrali sono mediamente comprese tra 5 e 8 km, poste in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria.

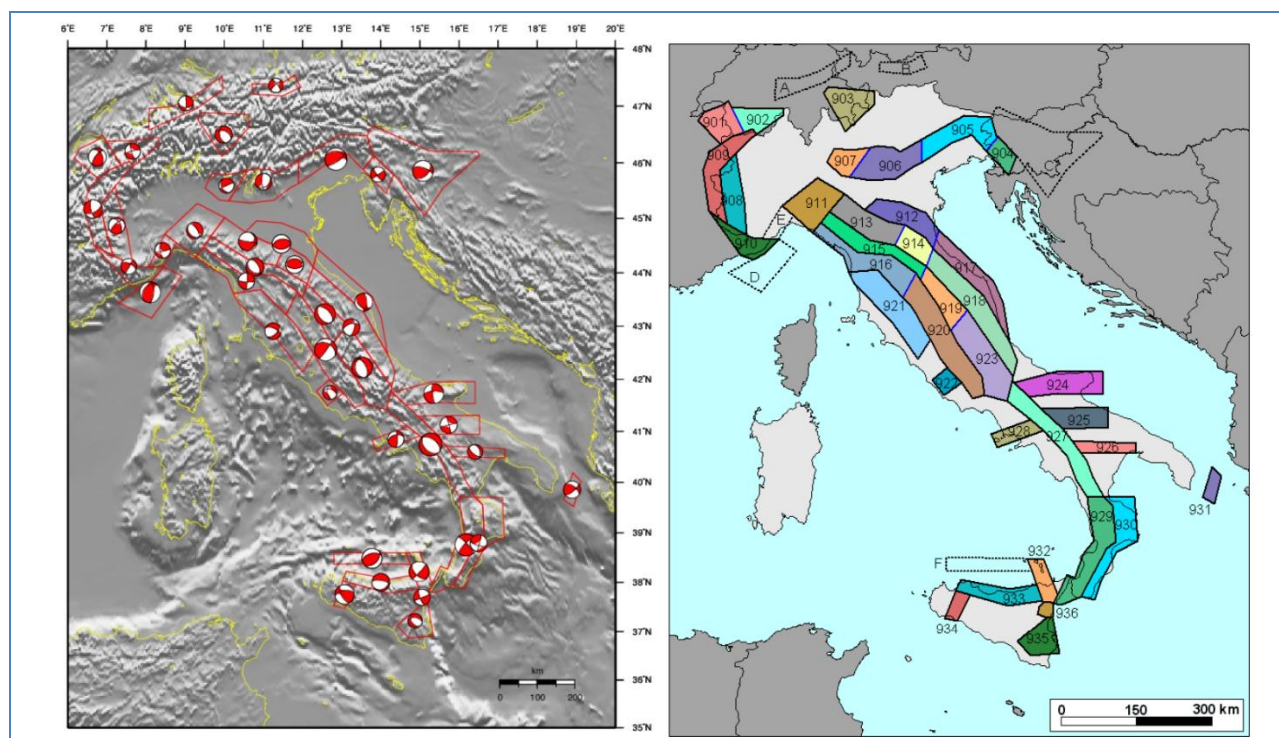


Figura 5: (A sx) Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone. (A dx) Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica.

La sismicità di questa zona è legata alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale della pianura si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale. I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene Medio-Superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico.

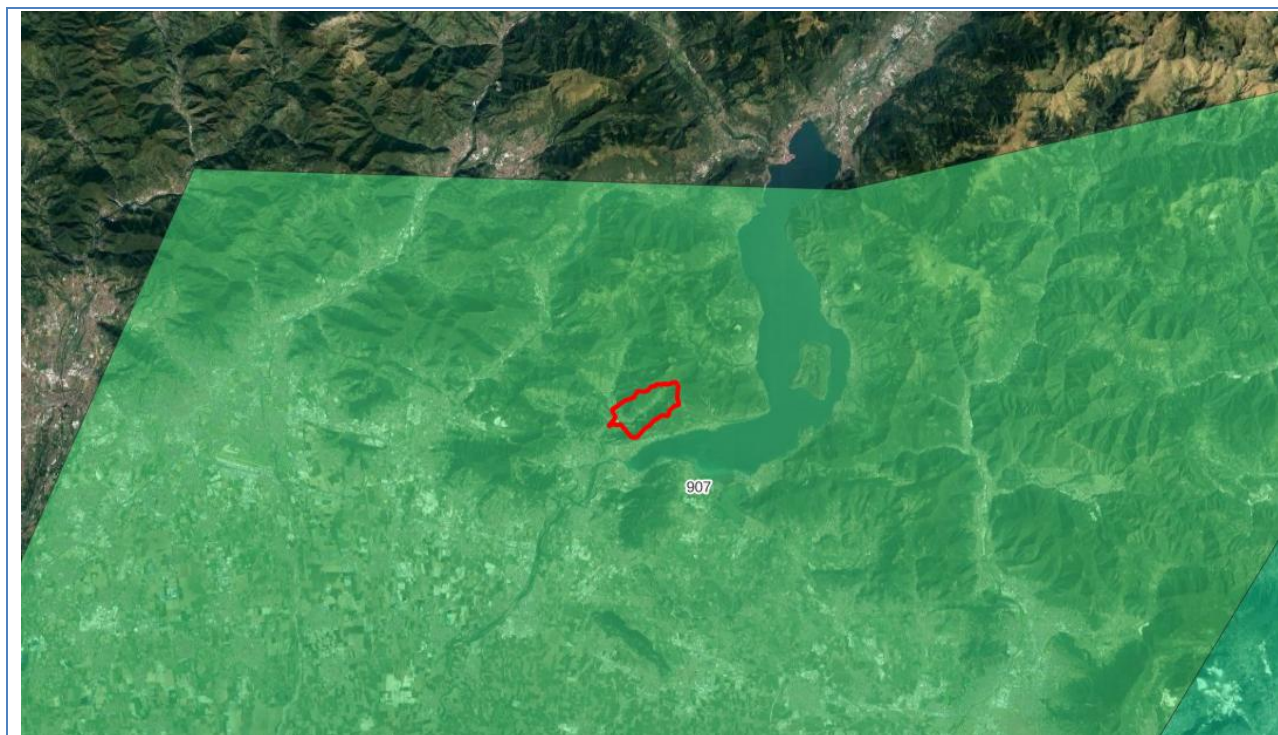


Figura 6: Ubicazione del comune di Viadanica rispetto alla zonazione sismogenetica ZS9

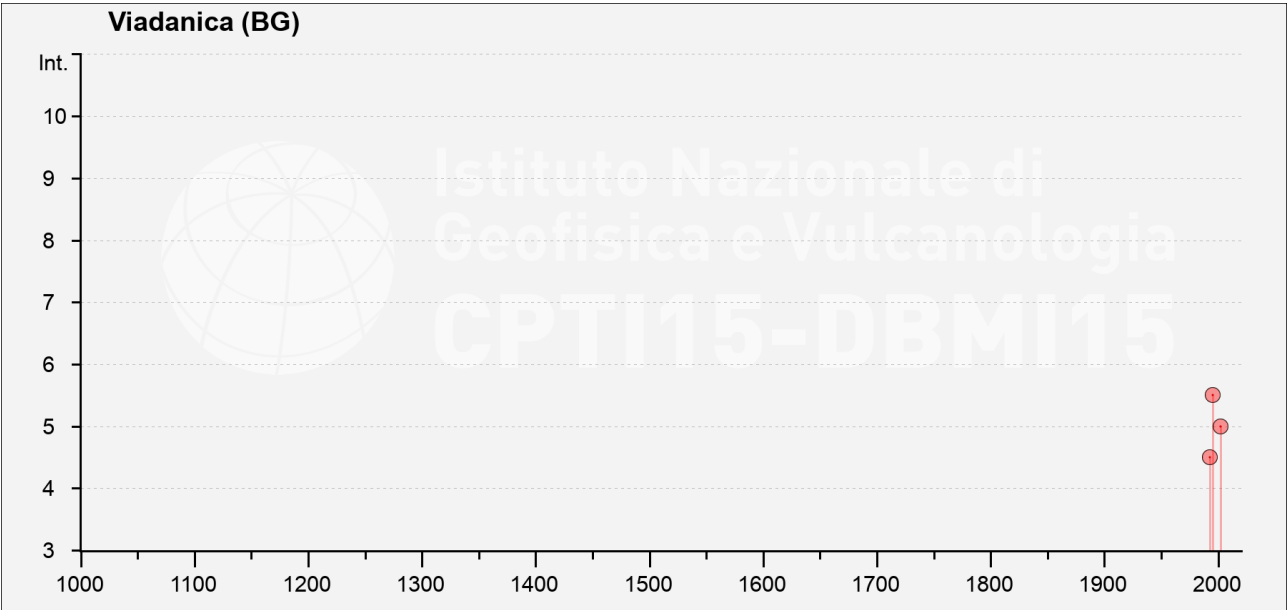
La consultazione del database macrosismico italiano ha fornito poche informazioni per quanto riguarda il comune di Viadanica. In Tabella 1 vengono riportati i dati relativi alla zona sismogenetica 907, pubblicati dal gruppo di lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) in termini di numero di eventi distinti per classi di magnitudo, magnitudo massima, classi di profondità e profondità efficace, mentre in Tabella 2 sono riportati i principali eventi con le relative aree epicentrali, oltre ad altre informazioni quali intensità ed anno e mese di accadimento. Nello specifico si individuano 4 episodi sismici principali che raggiungono una intensità macrosismica massima di 5.

Zona	Numero eventi Md>2	Numero eventi Md>2.5	Numero eventi Md>3	Magnitudo massima Md	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
907	33	19	7	4.2	5-8	8

Tabella 1 - Dettaglio eventi nella zona sismogenetica 907

Int. (MCS)	N	Anno	Mese	Area epicentrale	Mw	Er. Mw
NF	3672	1991	11	Grigioni, Vaz	4.7	±0,10
4-5	3726	1993	12	Lago d'Iseo	4.11	±0,08
5-6	3780	1995	10	Lago d'Iseo	4.35	±0,08
5	4187	2002	11	Franciacorta	4.21	±0,07

Tabella 2 – Caratteristiche eventi sismici comune di Viadanica



6.2. ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale che hanno fornito le linee guida necessarie per la stesura delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. La recente riclassificazione della Regione Lombardia (Delibera Giunta Regionale 11 luglio 2014 n. X/2129) in vigore dal 11.10.2014 e quindi prorogata al 10.04.2016 propone che il comune di Viadanica venga classificato come di classe 3 cui corrisponde un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,05 ag/g e 0,15 ag/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

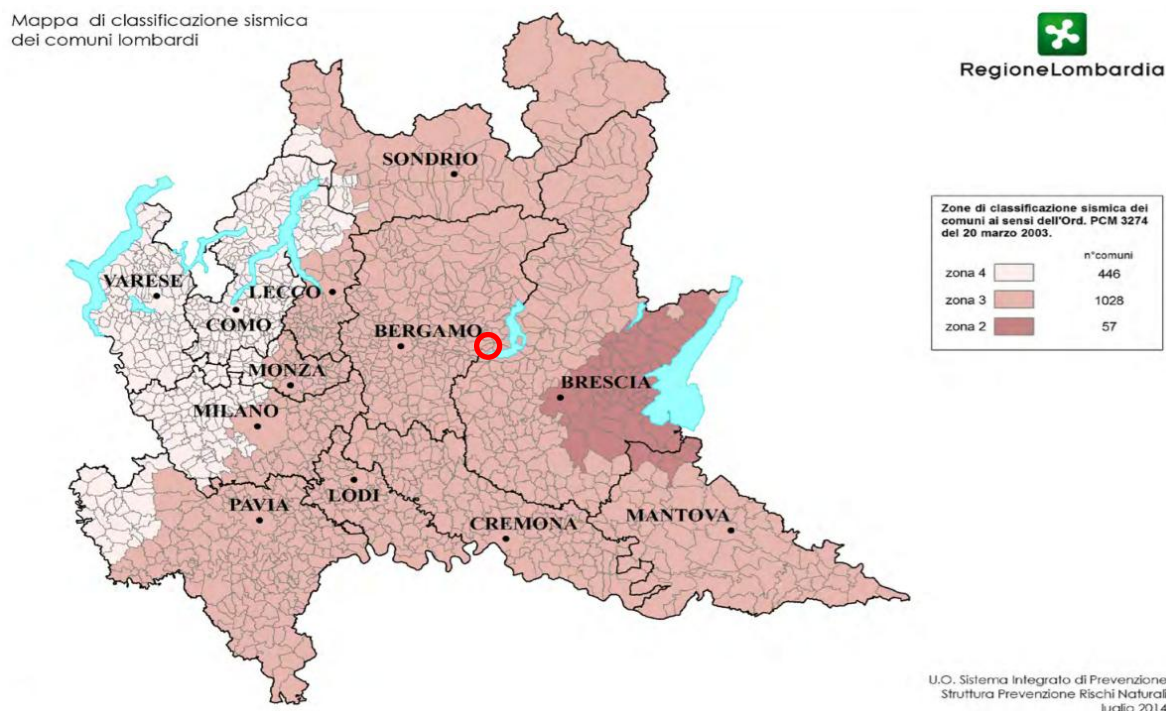


Figura 8 - Classificazione sismica in base al D.G.R. 11-09-2014 – n. X/2129

ISTAT	PROVINCIA	COMUNE	ZONA SISMICA	AgMax
03016235	BG	VIADANICA	3	0,132437

6.3. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) è stata redatta per mezzo del riconoscimento di aree omogenee passibili di amplificazione sismica sia sulla base di osservazioni geologiche sia grazie ai dati esistenti. Questo livello pianificatorio, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione di una cartografia tematica specifica, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare per i diversi scenari presenti sul territorio comunale in grado di determinare gli effetti sismici locali. Le diverse situazioni tipo sono riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della DGR 2616/2011 di seguito riportata.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

All'interno del territorio comunale di Viadanica sono stati riconosciuti diversi scenari di pericolosità sismica locale di seguito elencati:

- scenario Z1a: ovvero *“Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi”*;
- scenario Z3b: ovvero *“Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite-arrotondate”*;
- scenario Z4b: ovvero *“Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre”*;
- scenario Z4c: ovvero *“Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi”*;
- scenario Z4d: ovvero *“Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale”*;
- scenario Z5: ovvero *“Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse”*.

6.4. APPROFONDIMENTO SISMICO DI 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti topografici tale procedura è valida solo per l'intervallo 0.1-0.5 s.

6.4.1. TECNICHE D'INDAGINE

Al fine di caratterizzare il territorio comunale dal punto di vista sismico sono state predisposte delle indagini sito specifiche per la definizione della categoria di sottosuolo e per le successive verifiche di II livello, necessarie per gli scenari Z4 (amplificazioni litologiche e/o geometriche). Di seguito si riporta una breve descrizione delle metodologie d'indagine e della strumentazione utilizzata.

6.4.1.1. MASW

MASW è l'acronimo di Multichannel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie) e sta ad indicare che il fenomeno analizzato è la propagazione delle onde di superficie o più specificatamente la dispersione delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse viaggiano con diversa velocità). Il principio fondamentale si basa sul fatto che le varie componenti del segnale, ovvero le frequenze, viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo. Sostanzialmente le lunghezze d'onda più ampie, a cui corrispondono frequenze più basse, sono influenzate dalla parte più profonda del sottosuolo, mentre le piccole lunghezze d'onda, a cui corrispondono le frequenze più alte, dipendono dalle caratteristiche della porzione più superficiale. Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse delle onde di superficie viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto alle frequenze più alte. La MASW consiste quindi nella registrazione della propagazione delle onde di superficie e nello specifico delle onde di Rayleigh e delle onde di Love. Le modalità di acquisizione variano a seconda della tipologia d'onda che si vuole analizzare: si utilizzeranno dei geofoni verticali per la misurazione della componente verticale delle onde di Rayleigh mentre dei geofoni orizzontali per la misurazione delle onde di Love e della componente orizzontale delle onde di Rayleigh. Anche il tipo di energizzazione varia a seconda della tipologia d'onda: per produrre un impulso sismico con componente predominante verticale viene usata una mazza con maglio generalmente di 8-10 kg per colpire una piastra in acciaio accoppiata al terreno, mentre per generare un impulso sismico con componente predominante orizzontale (onde di taglio) viene usata, in sostituzione della piastra, una trave di legno che viene impattata orizzontalmente. Alcuni autori tengono a sottolineare che per essere definita MASW, non sia necessario acquisire esclusivamente le onde di Rayleigh, come erroneamente molti pensano, ma anche con l'acquisizione delle onde di Love si esegua comunque un'indagine che può tranquillamente essere definita MASW. Tramite l'utilizzo di tale tecnica non si corre il rischio di ricostruire un profilo di sottosuolo all'interno del quale vi sia la mancanza di quegli strati che posseggono un grado di competenza inferiore a quello dello strato superiore, come può avvenire invece per la sismica a rifrazione con la quale non è possibile individuarne la presenza. Alla fase di acquisizione sussegue poi la fase di elaborazione del dato che si traduce nell'analisi dei sismogrammi dai quali si ricava la curva di dispersione ottenuta mediante passaggio dal dominio del tempo (spazio - tempo) a quello delle frequenze (velocità di fase – frequenze). Tramite procedure attuate dall'operatore e mediante algoritmi di analisi è possibile effettuare la procedura di inversione necessaria alla ricostruzione del profilo di velocità delle Vs caratteristico dei terreni indagati.

Le caratteristiche dello stendimento sismico per l'acquisizione dei segnali sismici sono esposte nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE STENDIMENTO MASW	
Nr. geofoni utilizzati	12
Interasse geofoni (m)	5
Lunghezza stendimento (m)	62
Minimum offset (m)	7
Durata acquisizione (s)	2
Intervallo di campionamento (ms)	1
Nr. Campioni	2000

Tabella 3: Caratteristiche stendimento MASW

6.4.1.2. HVSR

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un sismografo a stazione singola in grado di registrare i microtremori (sismica passiva) lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga. Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di curva H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y mentre V è la componente verticale del moto in funzione della frequenza).

L'acquisizione nel sito di indagine è stata fatta con sismografo a tre componenti HOLI-3C da 2 Hz distribuito da EliaSoft, mentre l'elaborazione dei segnali registrati è stata effettuata tramite il software HoliSurface.

6.4.2. INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA MASW

6.4.2.1. MASW_1

Lo stendimento MASW_1 (Carta della PSL – Tav.3) è stato eseguito nell'agosto 2022 a margine di via Castello per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo. L'indagine sismica si compone di:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love.

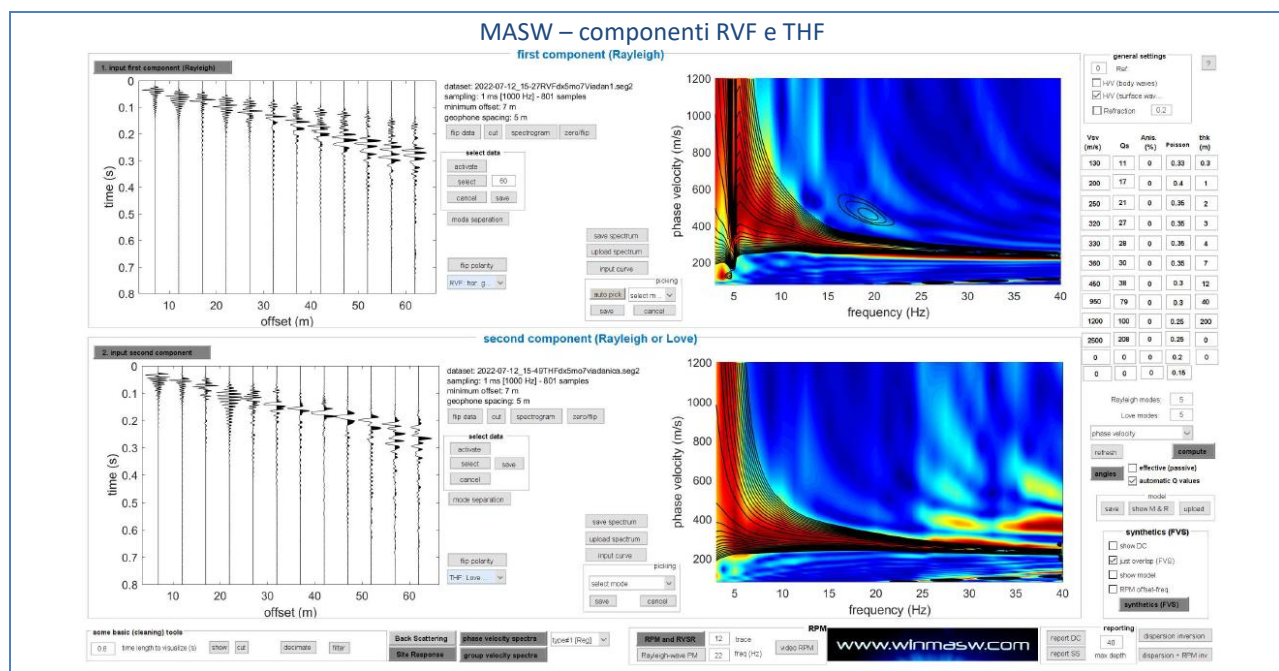


Figura 9 – Foto indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio FVS.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.



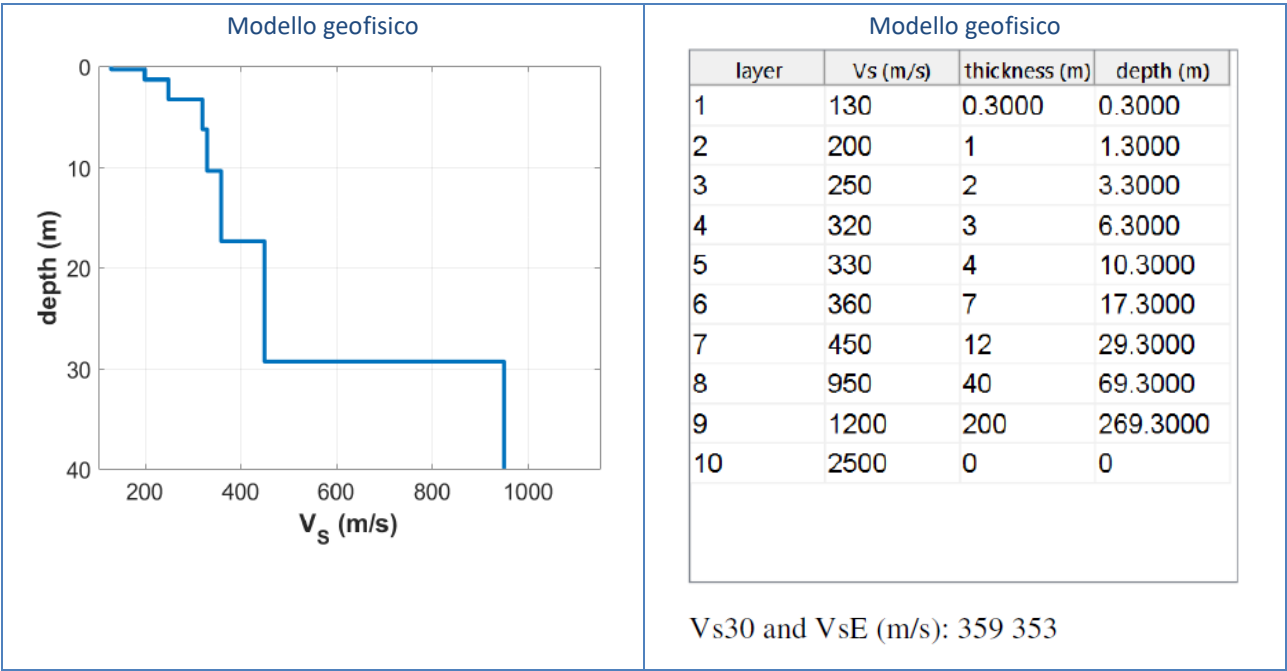


Figura 10: Elaborazione MASW e modello geofisico del sito

6.4.2.2. MASW_2

Lo stendimento MASW_2 (Carta della PSL – Tav.3) è stato eseguito nel novembre 2023 in corrispondenza del campo di calcio di via Valmaggiora per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo. L'indagine sismica si compone di:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love.



Figura 11 – Foto indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio FVS.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.

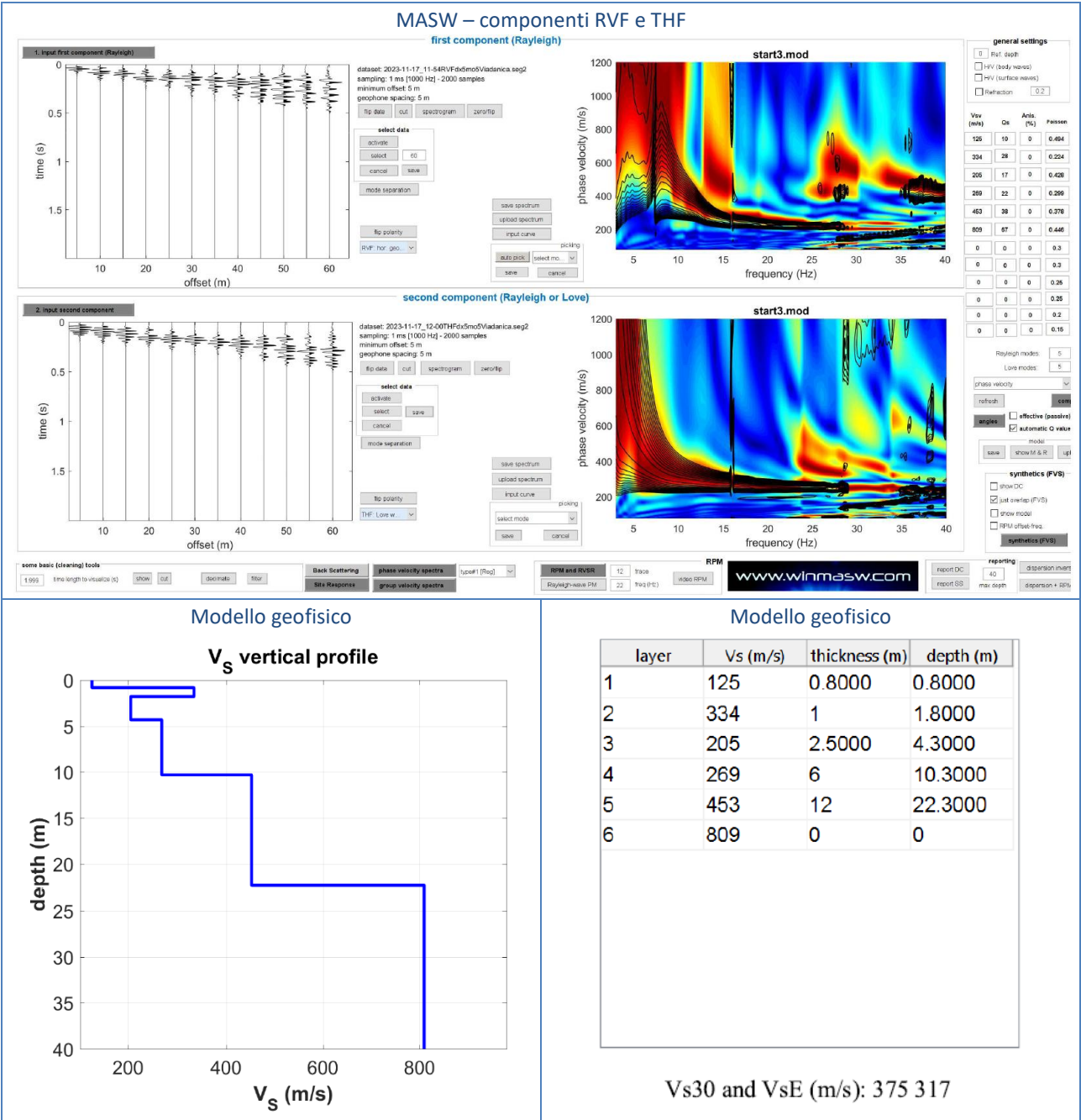


Figura 12: Elaborazione MASW e modello geofisico del sito

6.4.2.3. MASW_3

Lo stendimento MASW_3 (Carta della PSL – Tav.3) è stato eseguito nel novembre 2023 a margine di via Colognola per la ricostruzione del modello geofisico del sito e per la definizione della categoria di sottosuolo. L'indagine sismica si compone di:

- n.1 stendimento sismico per acquisizione e analisi con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) in onde di Rayleigh e Love.

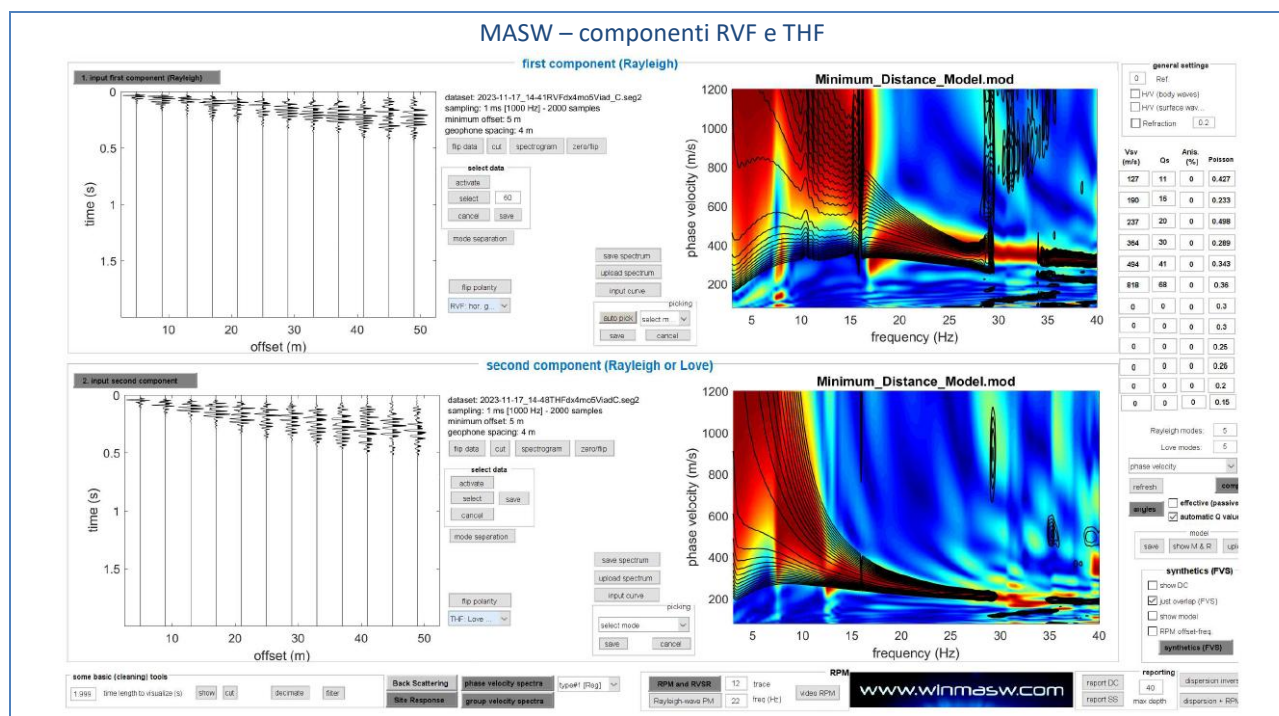


Figura 13 – Foto indagine sismica

L'elaborazione dell'indagine è stata eseguita tramite:

- analisi dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love con le curve modali e con approccio FVS.

Le risultanze portano alla definizione del seguente modello geofisico del sottosuolo.



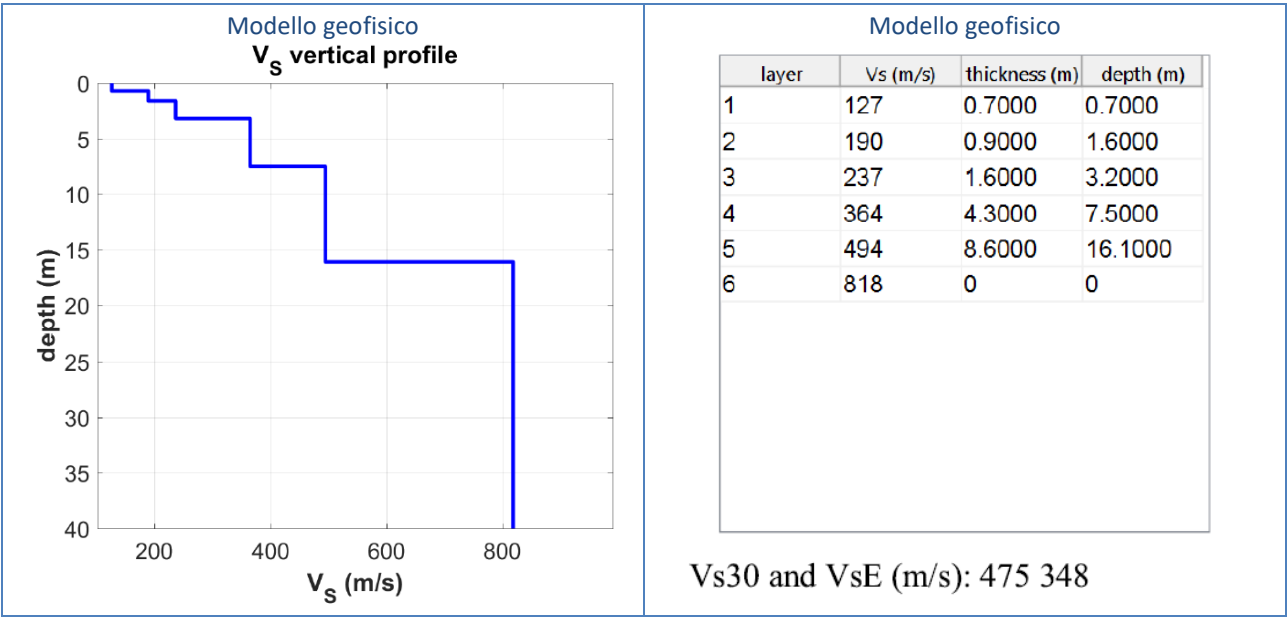


Figura 14: Elaborazione MASW e modello geofisico del sito

6.4.3. INDAGINI SIMSICHE HVSR

6.4.3.1. HVSR_1

A margine di via Castello, nell'agosto 2022, è stata effettuata n. 1 indagine sismica superficiale tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSR della durata di 20 minuti.



Figura 15: Foto esecuzione indagine

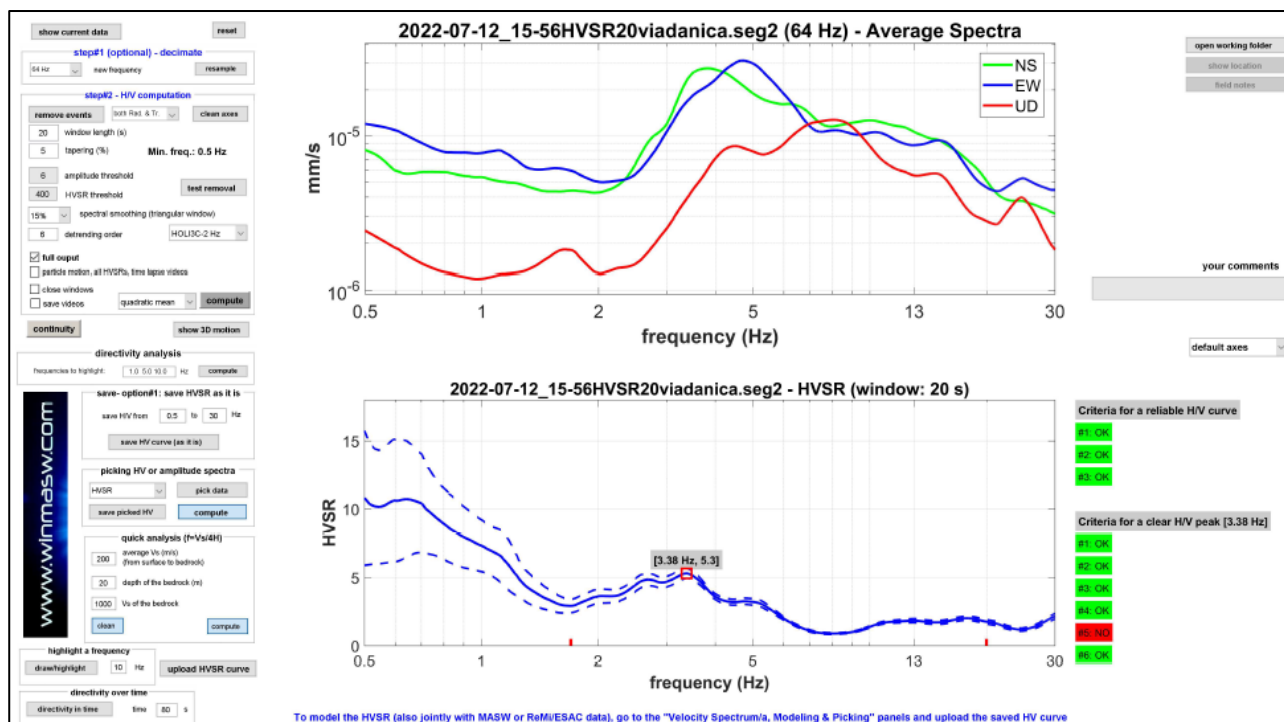


Figura 16: Curva HVSR misurata in campagna e controllo criteri SESAME – HVSR_1

Per quanto riguarda i criteri SESAME, utili per valutare la robustezza statistica delle curve HVSR sperimentali misurate in campo, si rileva quanto segue:

INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSr_1	1 - VERIFICATO	1 – VERIFICATO
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – VERIFICATO
		4 – VERIFICATO
	3 - VERIFICATO	5 – NON VERIFICATO
		6 – VERIFICATO

Per quanto riguarda la curva sperimentale HVSr_1, risulta rispettata la condizione di almeno 5 criteri SESAME verificati su 6 per un picco chiaro.

Il picco individuato a circa 3,38 Hz, presenta un valore di ampiezza pari a 5,3, indicativo del passaggio tra la copertura superficiale, di natura prevalentemente limoso argillosa ed il substrato roccioso sottostante.

6.4.3.2. HVSr_2

A margine di via Valmaggiora, in corrispondenza del campo da calcio, nel novembre 2023, è stata effettuata n. 1 indagine sismica superficiale tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSr della durata di 10 minuti.



Figura 17: Foto esecuzione indagine

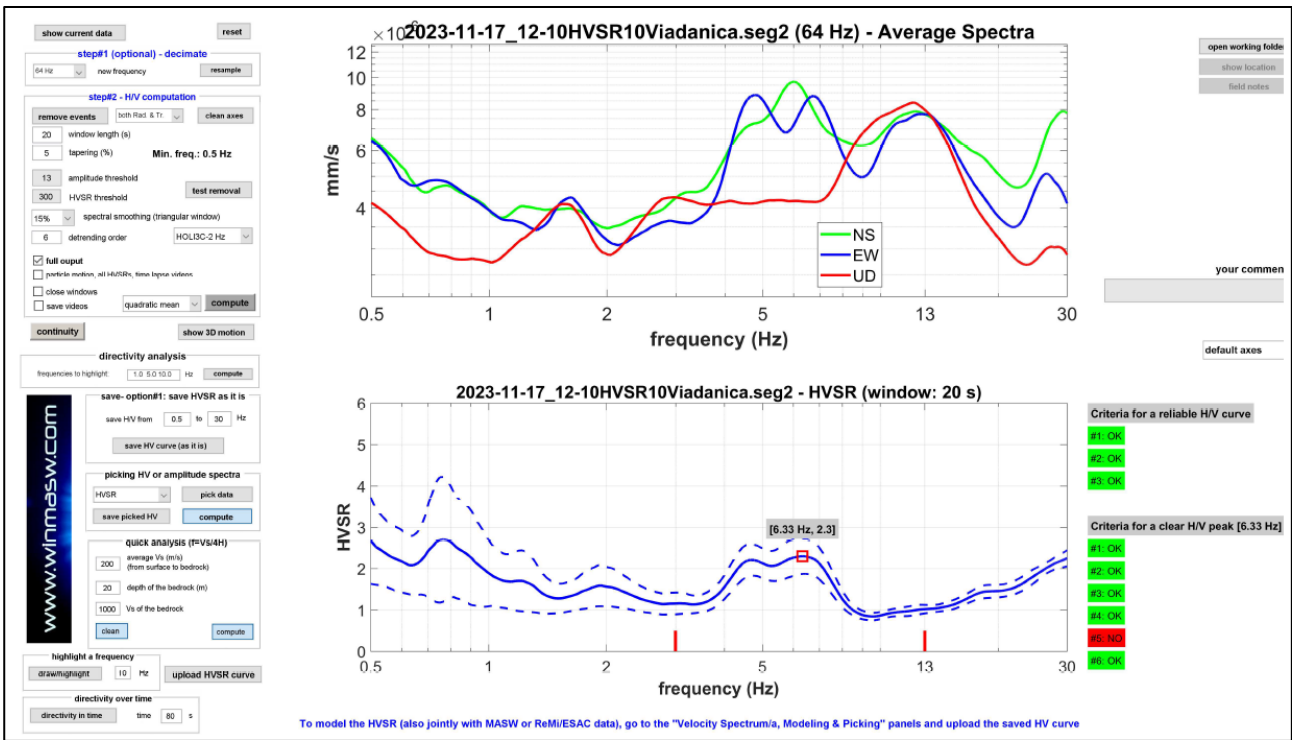


Figura 18: Curva HVSr misurata in campagna e controllo criteri SESAME – HVSr_2

Per quanto riguarda i criteri SESAME, utili per valutare la robustezza statistica delle curve HVSr sperimentali misurate in campo, si rileva quanto segue:

INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSr_2	1 - VERIFICATO	1 – VERIFICATO
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – VERIFICATO
		4 – VERIFICATO
	3 - VERIFICATO	5 – NON VERIFICATO
		6 – VERIFICATO

Per quanto riguarda la curva sperimentale HVSr_2, risulta rispettata la condizione di almeno 5 criteri SESAME verificati su 6 per un picco chiaro.

Il picco individuato a circa 6,33 Hz, presenta un valore di ampiezza pari a 2,3, indicativo del passaggio tra la copertura superficiale, di natura prevalentemente limoso argillosa ed il substrato roccioso sottostante.

6.4.3.3. HVSr_3

Poco a sudest dello stabilimento della ditta ORP Stampi s.r.l., in corrispondenza della scarpata che conduce al torrente Valmaggiore, nel novembre 2023, è stata effettuata n. 1 indagine sismica superficiale tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSr della durata di 10 minuti.



Figura 19: Foto esecuzione indagine

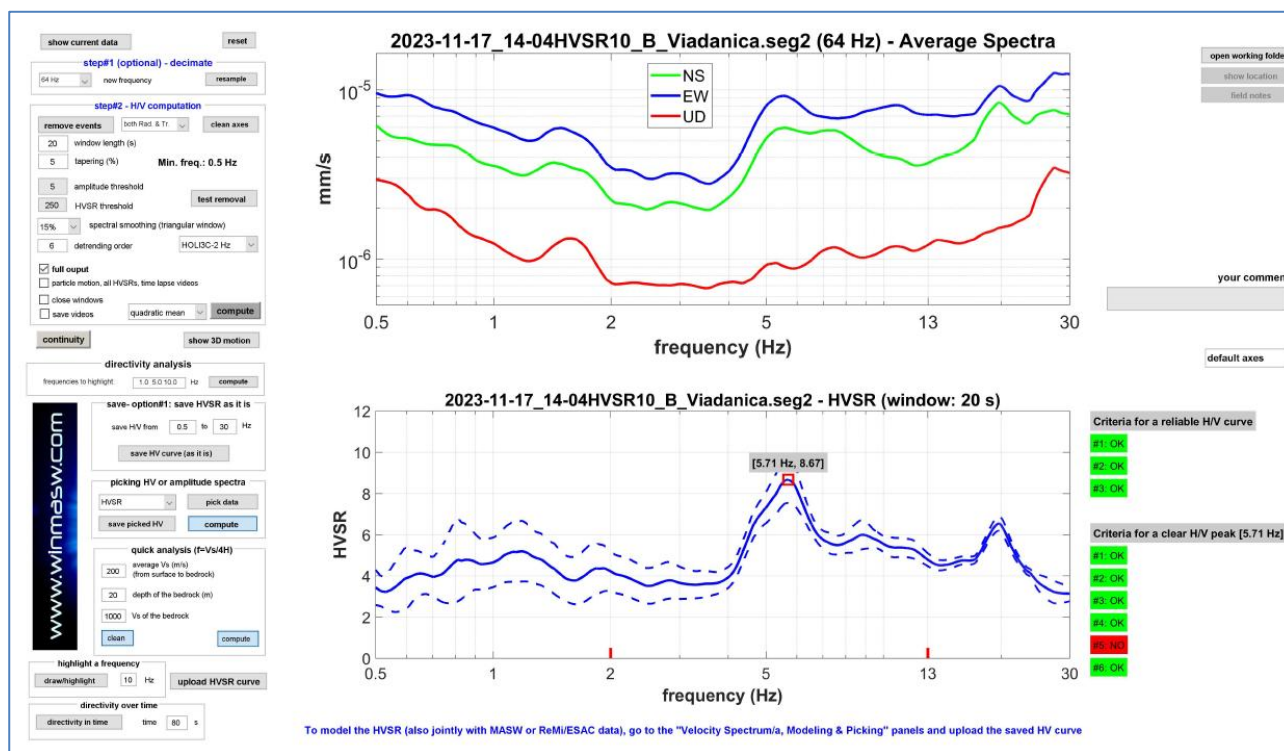


Figura 20: Curva HVSr misurata in campagna e controllo criteri SESAME – HVSr_3

Per quanto riguarda i criteri SESAME, utili per valutare la robustezza statistica delle curve HVSr sperimentali misurate in campo, si rileva quanto segue:

INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSR_3	1 - VERIFICATO	1 – VERIFICATO
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – VERIFICATO
		4 – VERIFICATO
	3 - VERIFICATO	5 – NON VERIFICATO
		6 – VERIFICATO

Per quanto riguarda la curva sperimentale HVSR_3, risulta rispettata la condizione di almeno 5 criteri SESAME verificati su 6 per un picco chiaro.

Il picco individuato a circa 5,71 Hz, presenta un valore di ampiezza pari a 8,67, indicativo del passaggio tra la copertura superficiale, di natura prevalentemente limoso argillosa ed il substrato roccioso sottostante.

In considerazione della forte direzionalità del segnale riscontrata durante la misurazione, che potrebbe inficiare la validità del modello, si ritiene corretto non eseguire la procedura d'inversione.

6.4.3.4. HVSR_4

A margine di via Colognola, nel novembre 2023, è stata effettuata n. 1 indagine sismica superficiale tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSR della durata di 10 minuti.



Figura 21: Foto esecuzione indagini

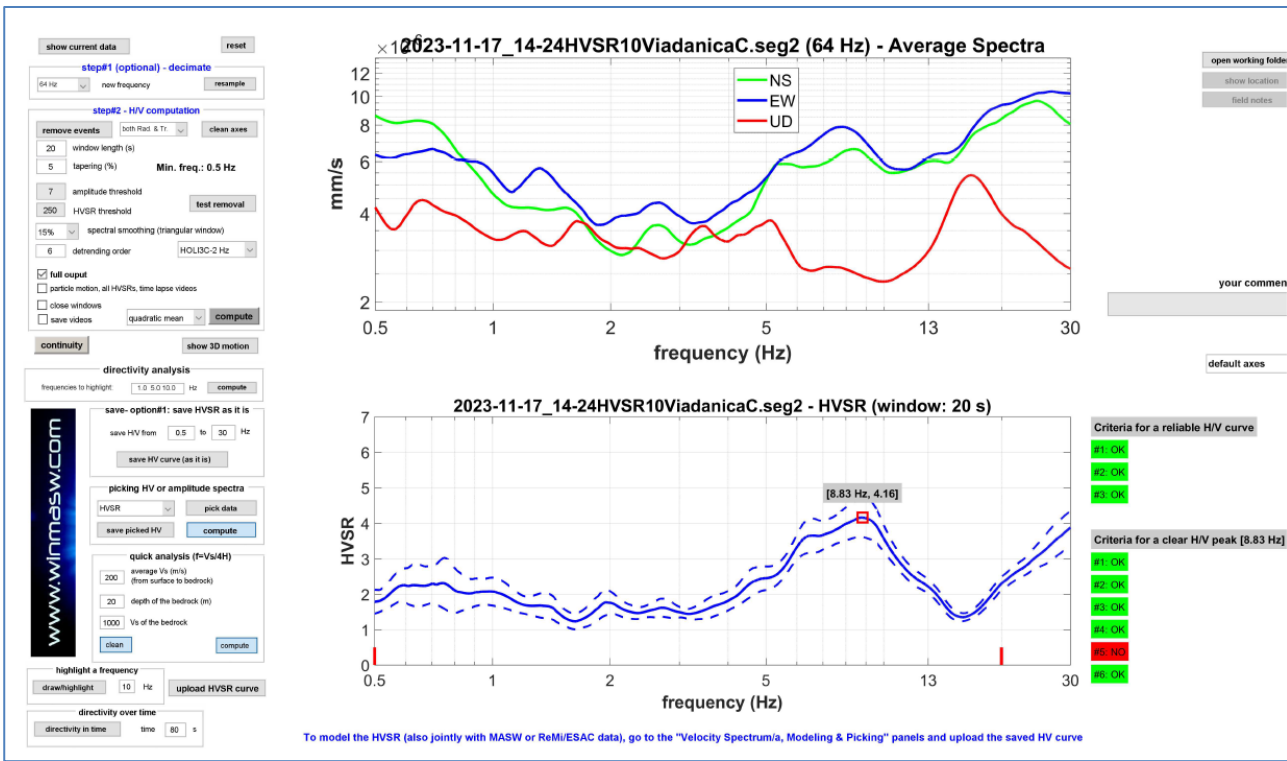


Figura 22: Curva HVSR misurata in campagna e controllo criteri SESAME – HVSR_4

Per quanto riguarda i criteri SESAME, utili per valutare la robustezza statistica delle curve HVSR sperimentali misurate in campo, si rileva quanto segue:

INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSR_4	1 - VERIFICATO	1 – VERIFICATO
		2 – VERIFICATO
		3 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	4 – VERIFICATO
		5 – NON VERIFICATO
		6 – VERIFICATO

Per quanto riguarda la curva sperimentale HVSR_5, risulta rispettata la condizione di almeno 5 criteri SESAME verificati su 6 per un picco chiaro.

Il picco individuato a circa 8,83 Hz, presenta un valore di ampiezza pari a 4,16, indicativo del passaggio tra la copertura superficiale, di natura prevalentemente limoso argillosa ed il substrato roccioso sottostante.

6.4.3.5. HVSR_5

A margine di via Donizzetti, nel novembre del 2023, è stata effettuata n. 1 indagine sismica superficiale tramite misura del rumore sismico ambientale con la metodologia HVSR della durata di 10 minuti.



Figura 23: Foto esecuzione indagini

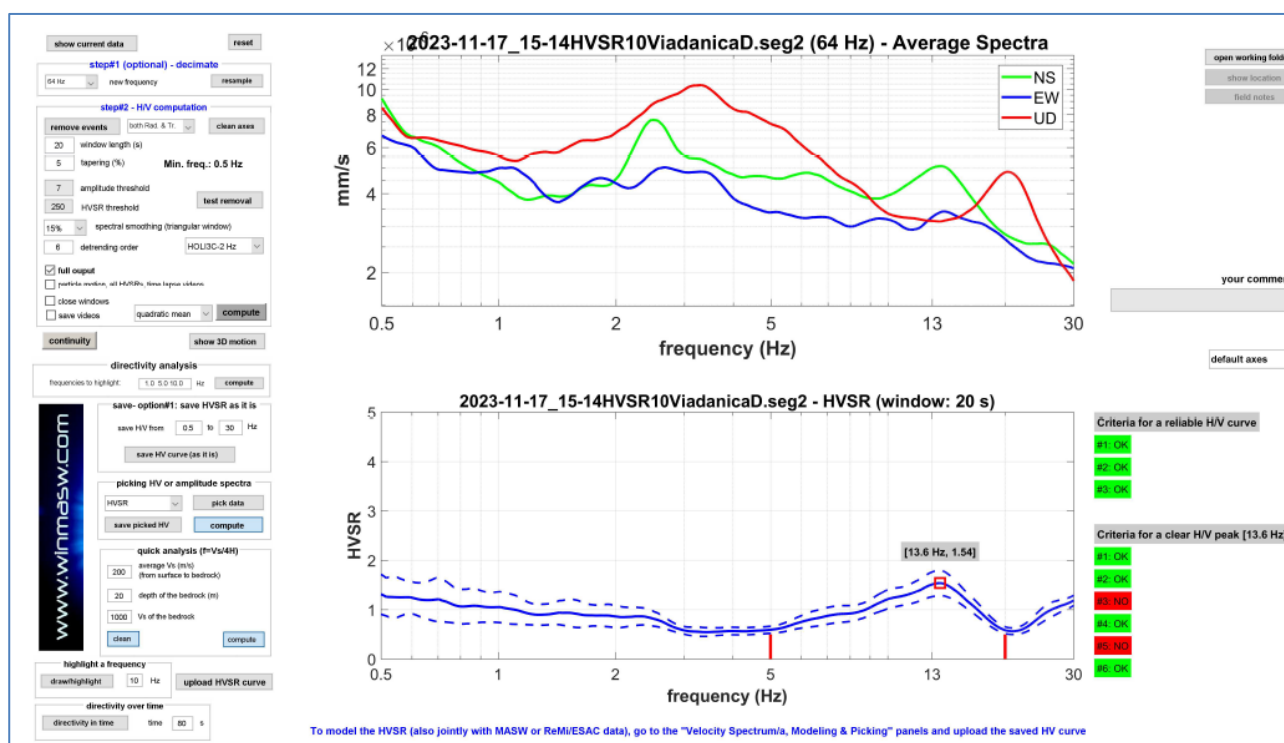
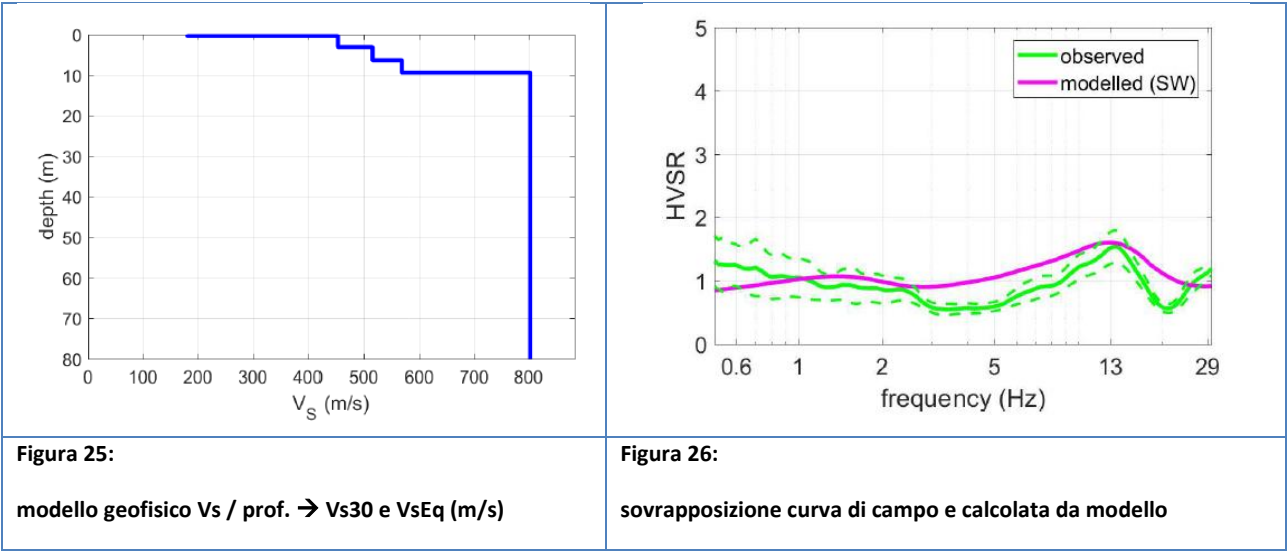


Figura 24: Curva HVSr misurata in campagna e controllo criteri SESAME – HVSr_5

Per quanto riguarda i criteri SESAME, utili per valutare la robustezza statistica delle curve HVSr sperimentali misurate in campo, si rileva quanto segue:

INDAGINE SISMICA	CRITERI SESAME	
	CRITERI PER UNA CURVA AFFIDABILE	CRITERI PER UN PICCO CHIARO
HVSr_5	1 - VERIFICATO	1 – VERIFICATO
		2 – VERIFICATO
	2 - VERIFICATO	3 – NON VERIFICATO
		4 – VERIFICATO
	3 - VERIFICATO	5 – NON VERIFICATO
		6 – VERIFICATO

Per quanto riguarda la curva sperimentale HVSr_5, non risulta rispettata la condizione di almeno 5 criteri SESAME verificati su 6 per un picco chiaro. Nella figura seguente si illustra la curva HVSr sperimentale media misurata in sito con la sovrapposizione della curva di ellitticità calcolata in base al modello geofisico di seguito esposto. Si osserva una buona corrispondenza nell’intervallo di frequenze di interesse progettuale. Per la realizzazione di un modello realistico del sottosuolo ci si è avvalsi dei dati disponibili in letteratura e dalle evidenze di campo.



Le risultanze portano alla definizione del modello geofisico del sottosuolo, nel quale si riscontra un substrato sismico (roccia compatta; Vs > 800 m/s) a partire da 9,40 metri di profondità e con una velocità della copertura soprastante (eluvio colluvio + regolite) avente una VsEq=473 m/s, assegnando al sito la categoria di suolo B.

6.4.4. APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO - LITOLOGIA

Di seguito si riporta la procedura di II Livello di approfondimento secondo quanto indicato nell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 utilizzando le risultanze esposte in precedenza.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

1. litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
2. stratigrafia del sito;
3. andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
4. la conoscenza degli spessori e delle Vs può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale;
5. in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
6. spessore e velocità di ciascun strato;
7. sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento della quale sarà necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2. In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte. In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T_2 . Il valore di Vs dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 220 m/s si sceglierà il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 m si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore. Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

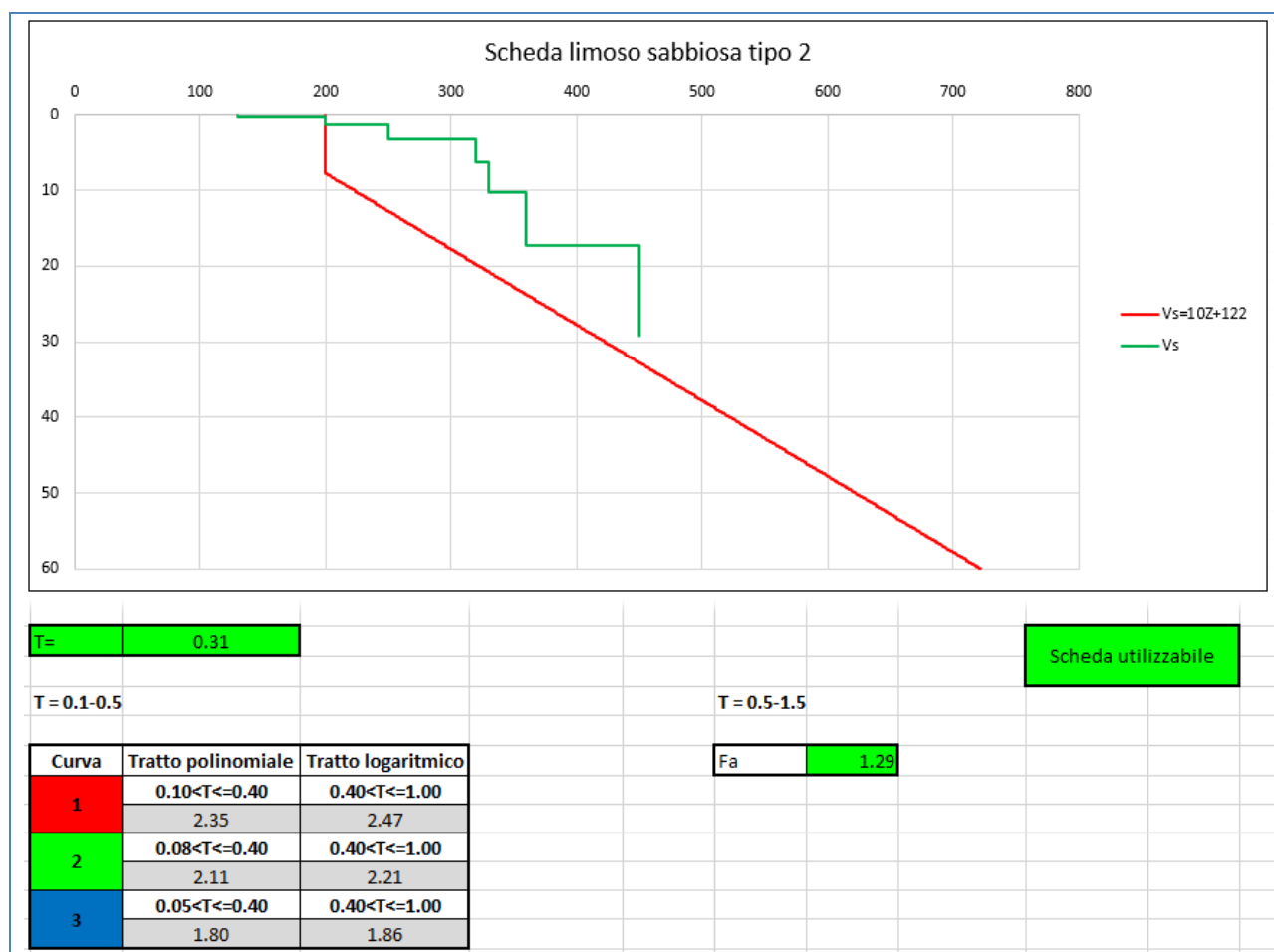
$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

6.4.4.1. MASW_1

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell'andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica "limoso-sabbiosa tipo 2";
- spessore del primo strato pari a 6,3 m;
- il valore di Vs del primo strato pari a 270 m/s;
- la curva 3 (blu);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,31 s.



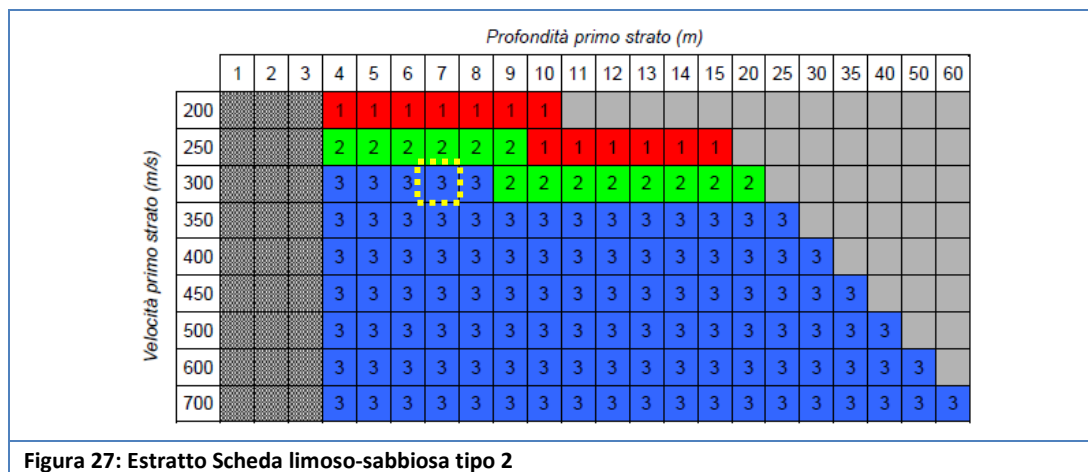


Figura 27: Estratto Scheda limoso-sabbiosa tipo 2

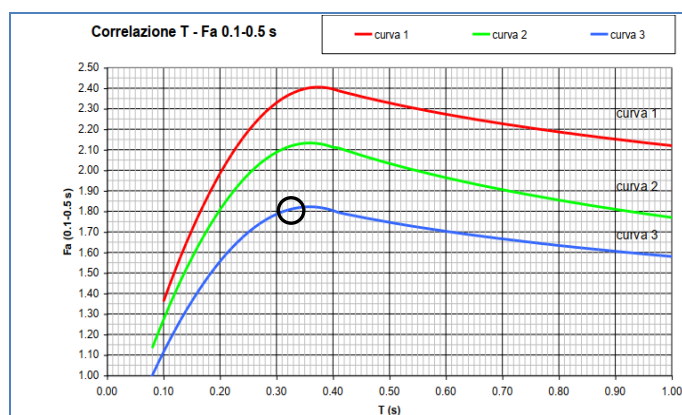


Figura 28: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

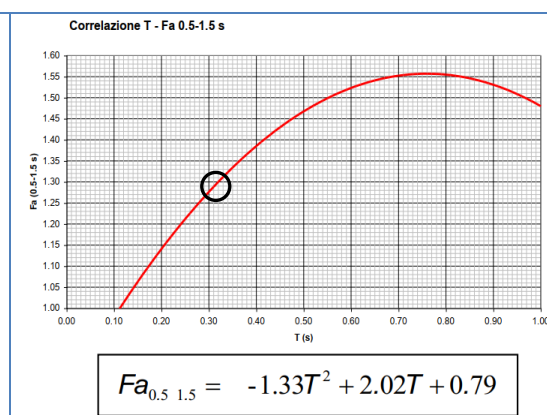


Figura 29: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

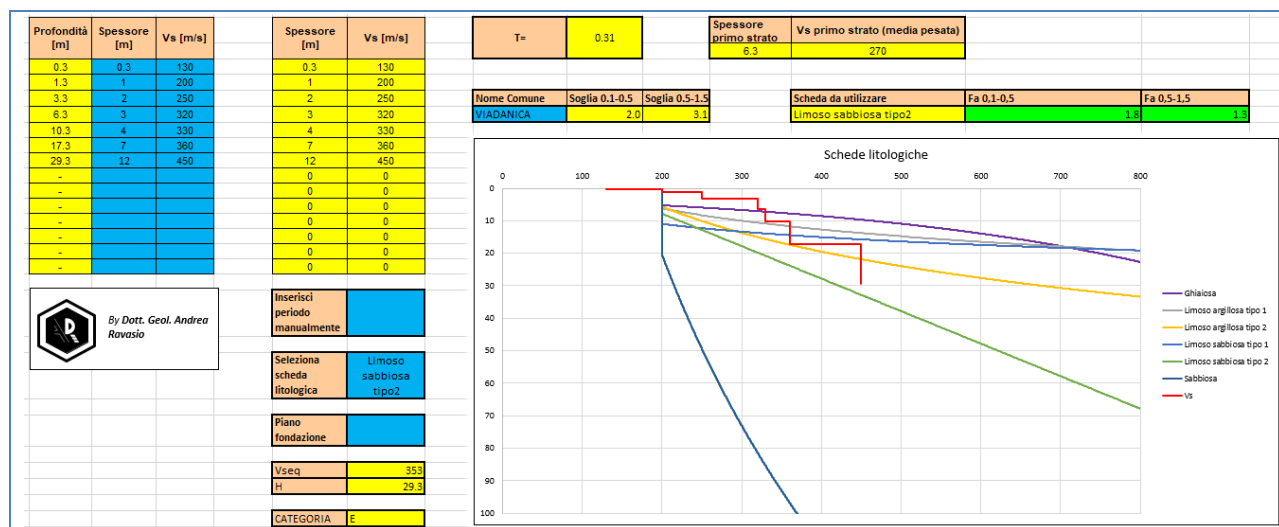


Figura 30: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s-T 0,5-1,5s e confronto con valori FAS

Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

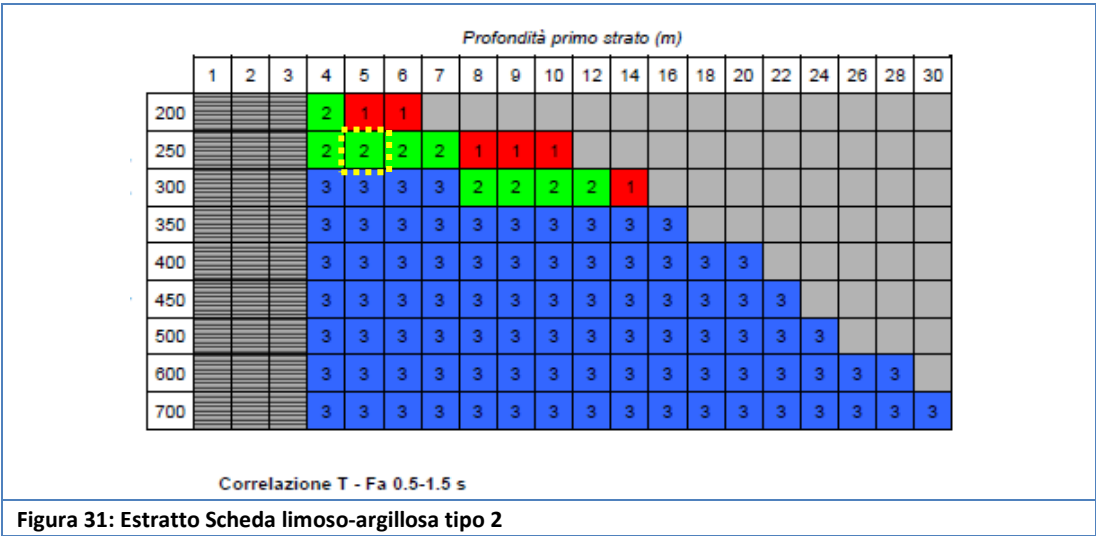
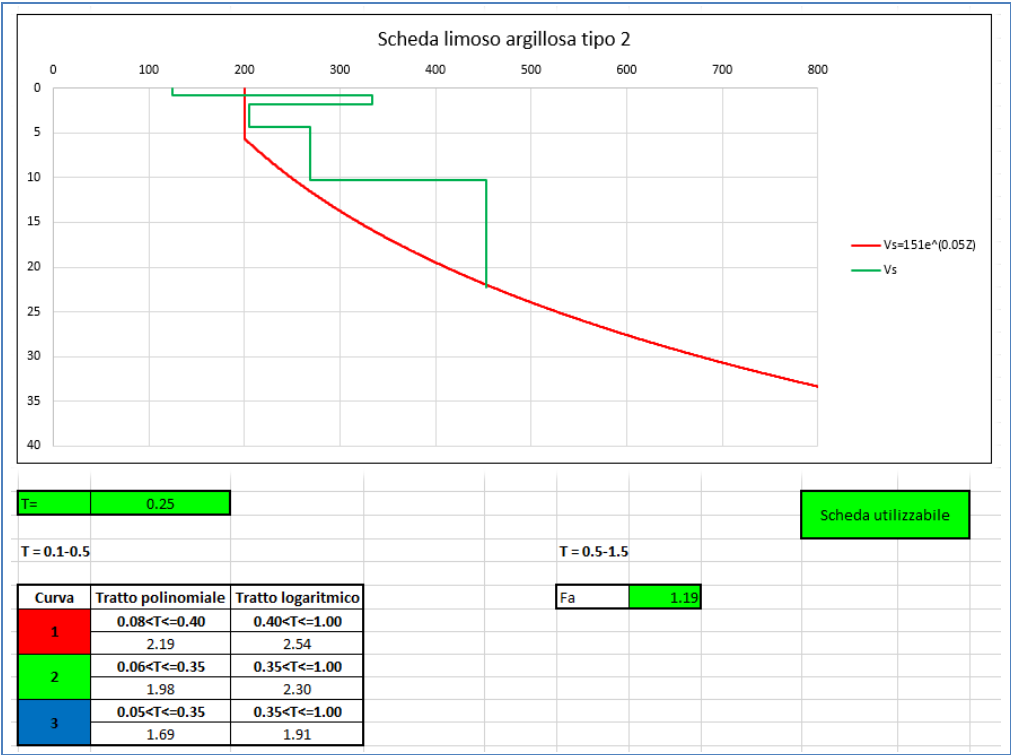
- edifici con periodo $0.1s < T < 0.5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$);

- edifici con periodo $0,5s < T < 1,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$).

6.4.4.2. MASW_2

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell’andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica “limoso-argillosa tipo 2”;
- spessore del primo strato pari a 4,3 m;
- il valore di Vs del primo strato pari a 220 m/s;
- la curva 2 (verde);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,25 s.



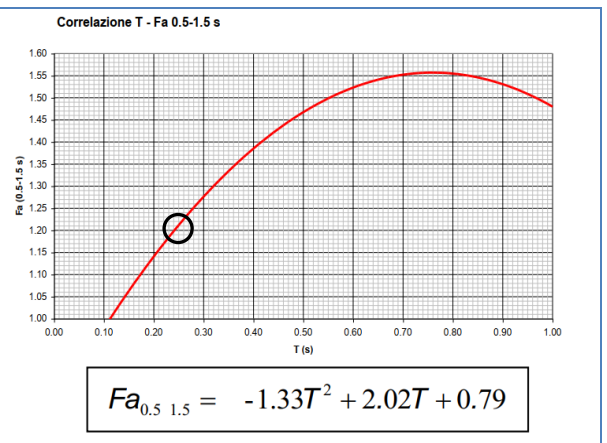
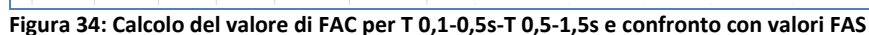


Figura 33: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

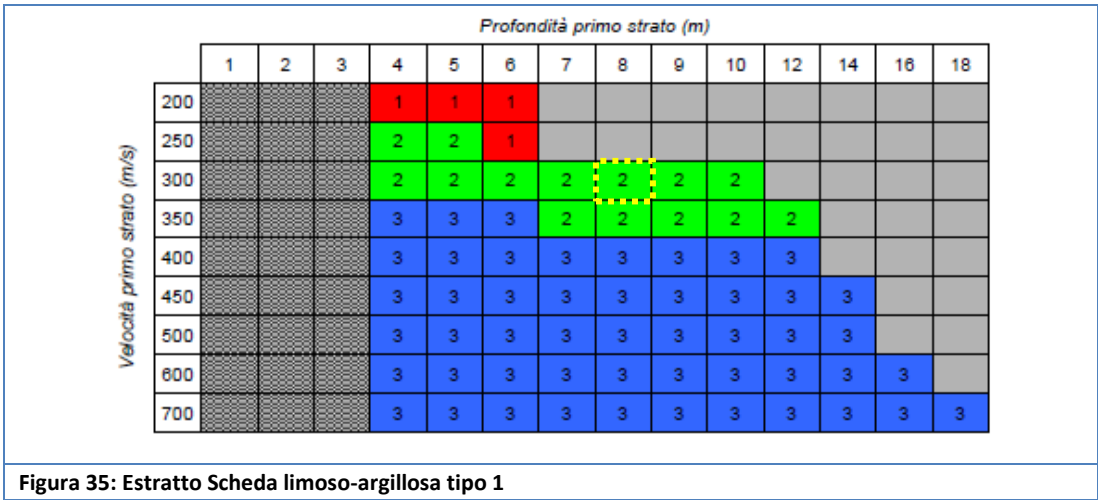
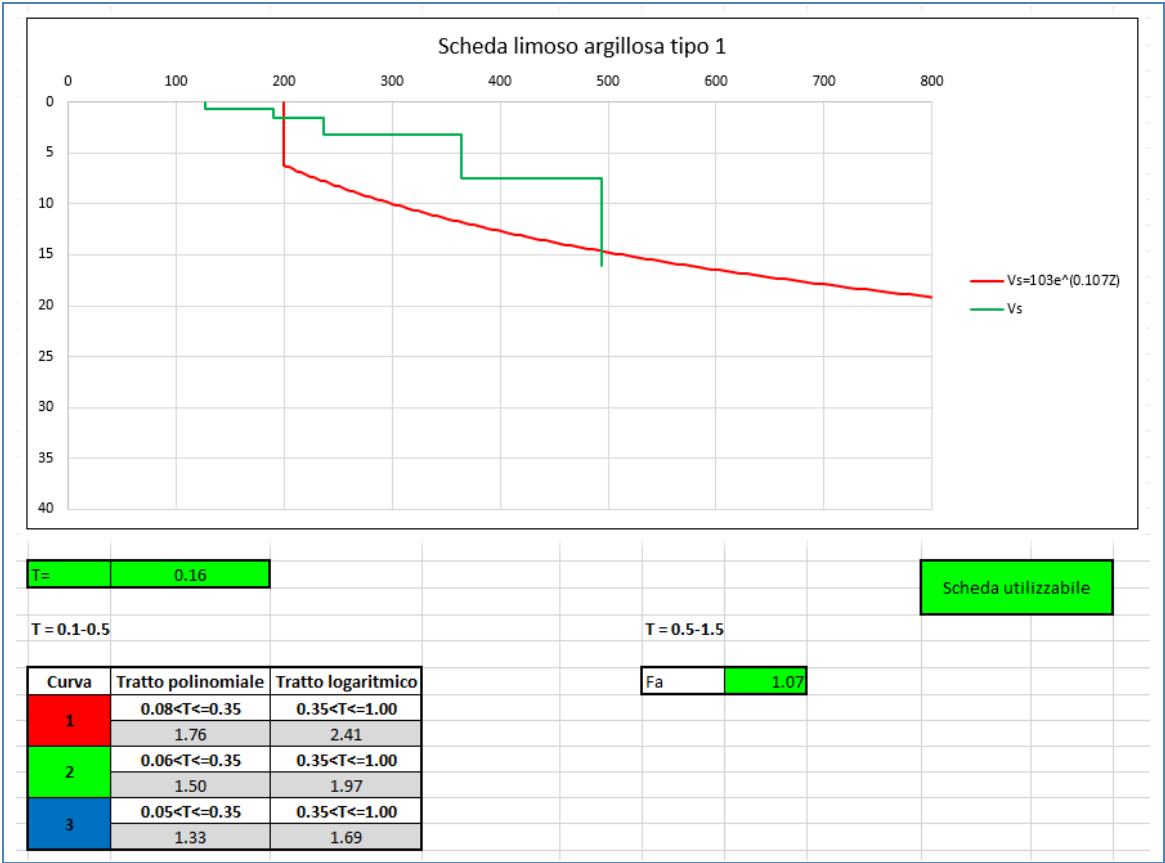


- edifici con periodo $0,1s < T < 0,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$);
- edifici con periodo $0,5s < T < 1,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$).

6.4.4.3. MASW_3

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell’andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica “limoso-argillosa tipo 1”;
- spessore del primo strato pari a 7,5 m;
- il valore di Vs del primo strato pari a 294 m/s;
- la curva 2 (verde);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,16 s.



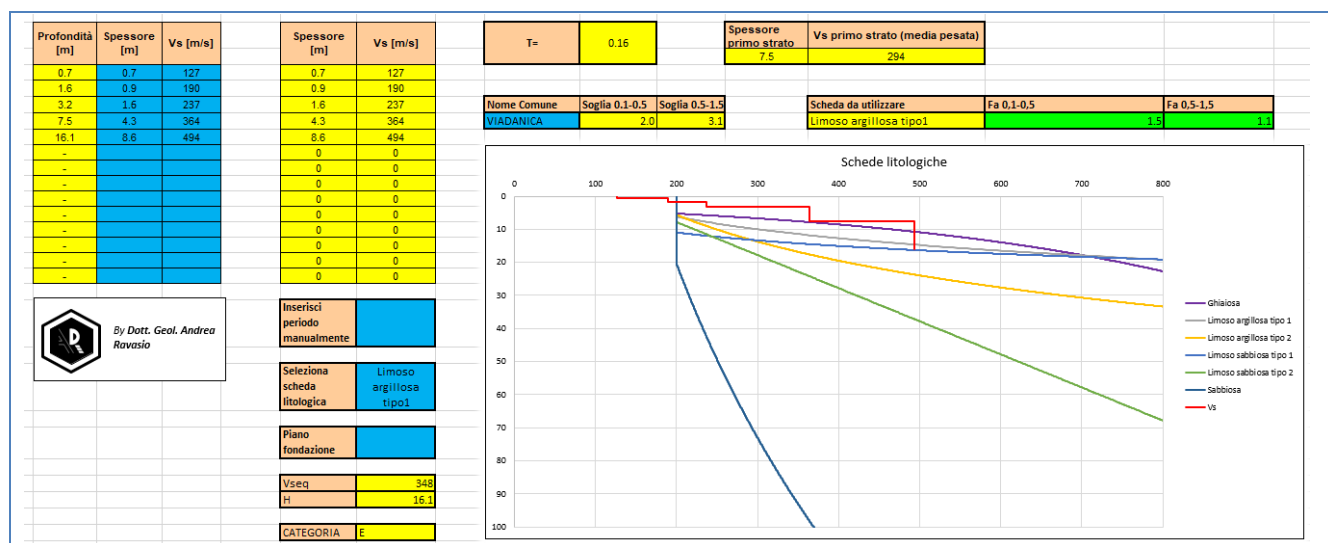
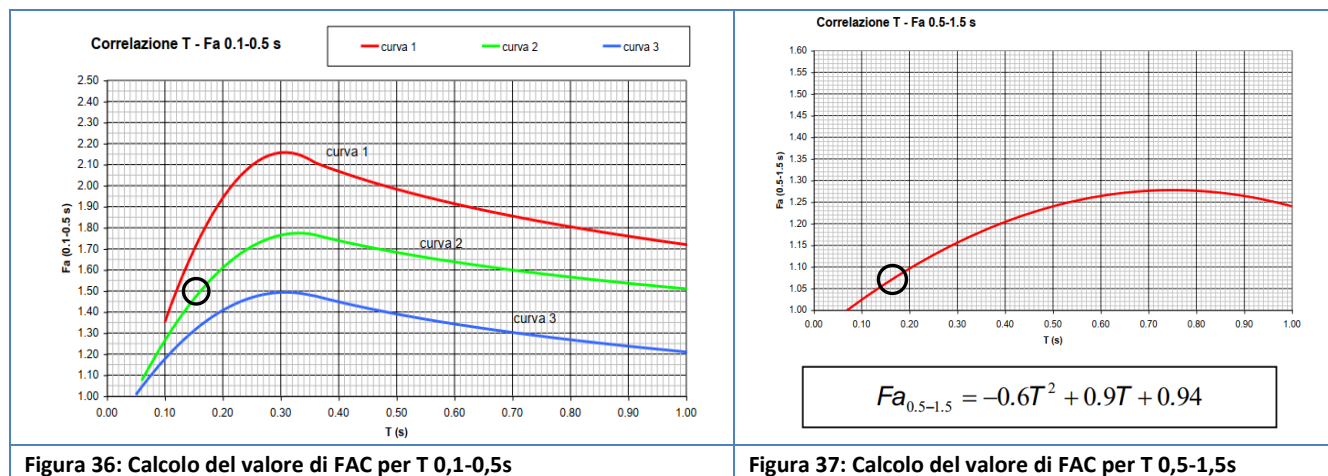


Figura 38: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s-T 0,5-1,5s e confronto con valori FAS

Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

- edifici con periodo $0,1s < T < 0,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$);
- edifici con periodo $0,5s < T < 1,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo E (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$).

6.4.4.4. HVSR_5

Sulla base della litologia del sottosuolo del sito e dell’andamento del profilo di Vs si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica “limoso-argillosa tipo 1”;
- spessore del primo strato pari a 6,4 m;
- il valore di Vs del primo strato pari a 468 m/s;
- la curva 3 (BLU);
- il periodo di risonanza del sito pari a 0,08 s.

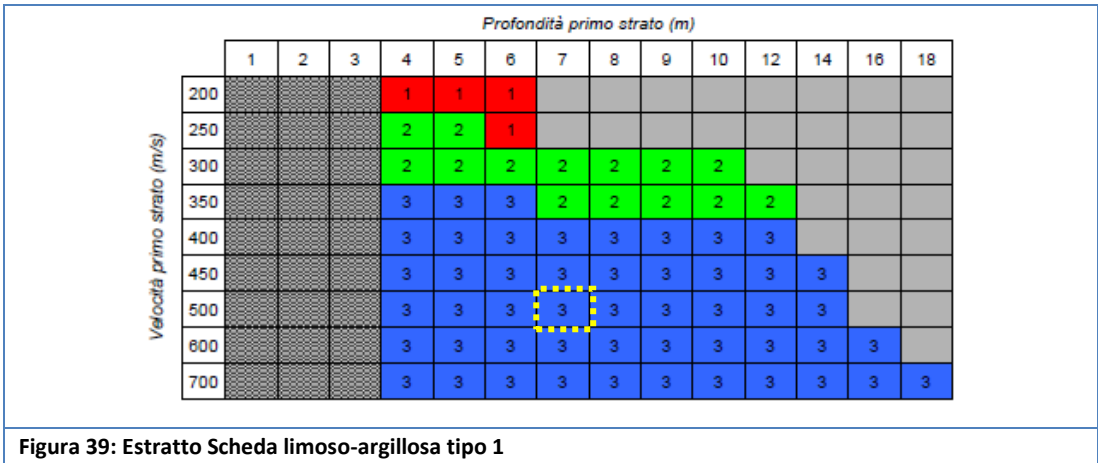
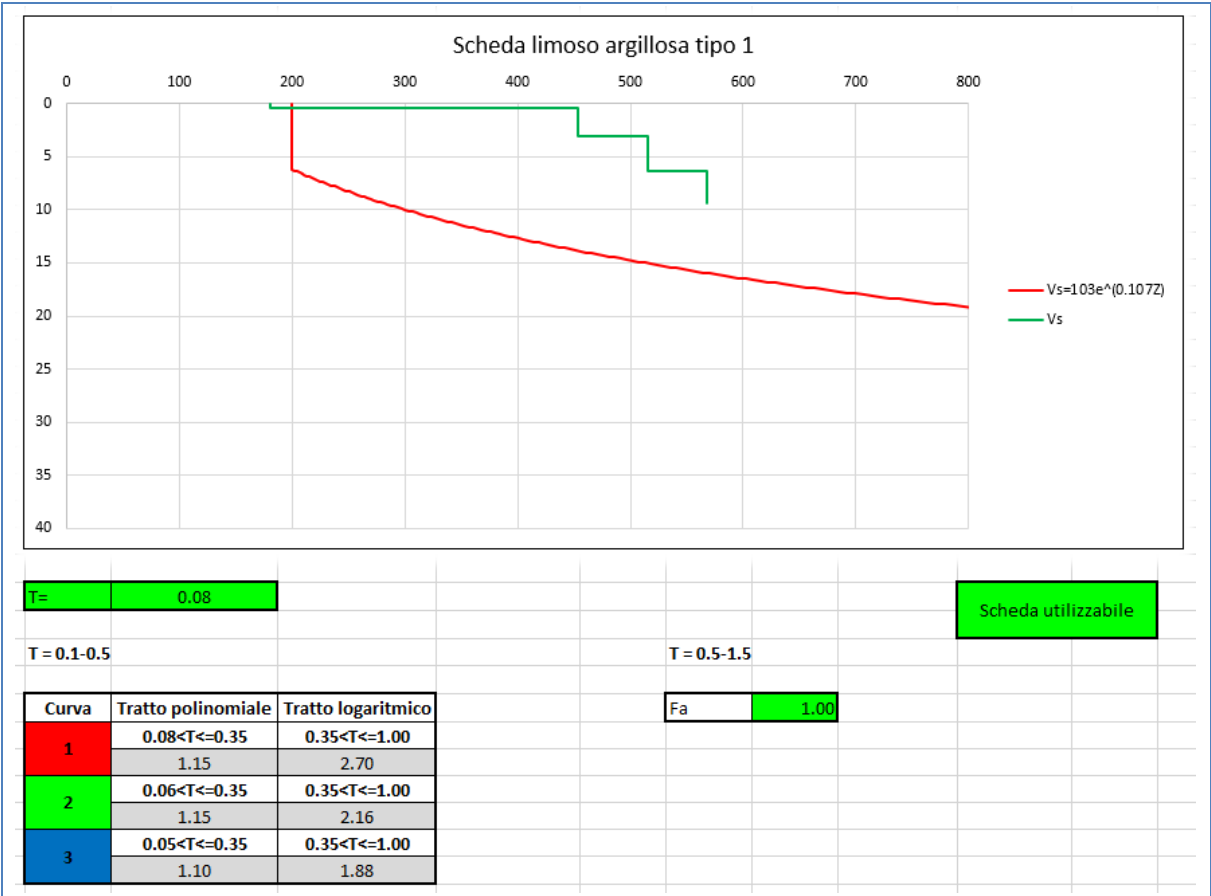


Figura 39: Estratto Scheda limoso-argillosa tipo 1

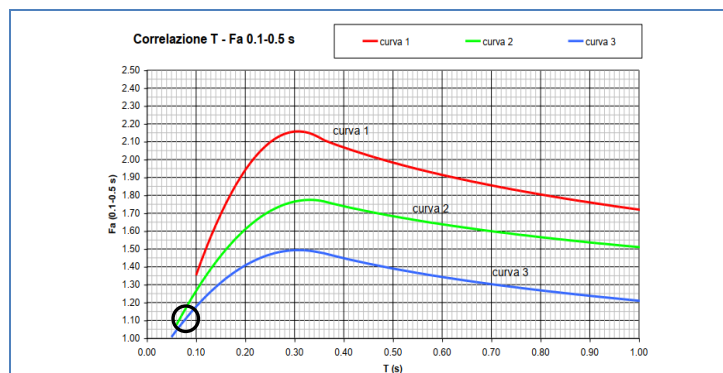


Figura 40: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s

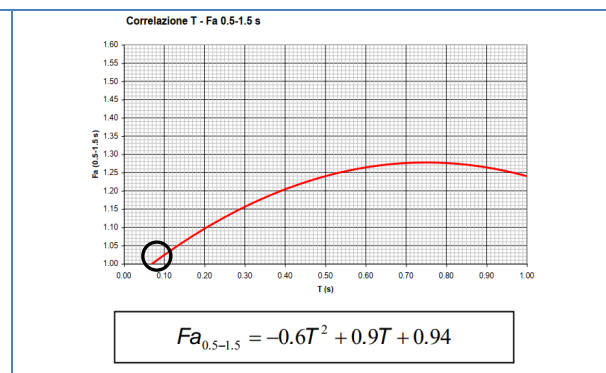


Figura 41: Calcolo del valore di FAC per T 0,5-1,5s

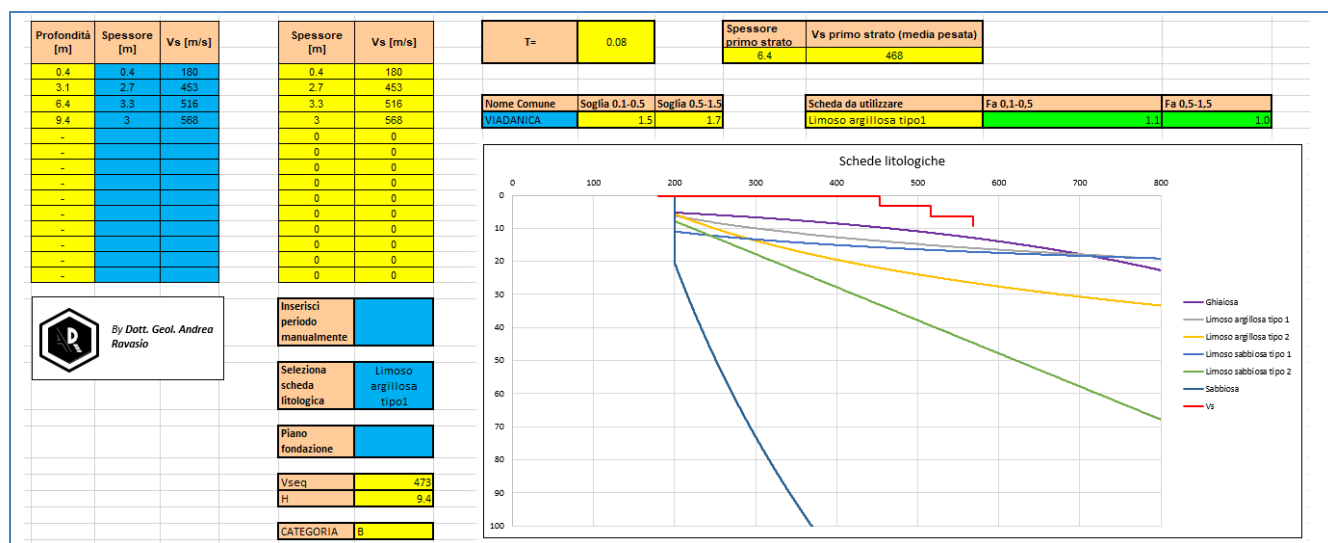


Figura 42: Calcolo del valore di FAC per T 0,1-0,5s-T 0,5-1,5s e confronto con valori FAS

Il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) relativo al sito in studio risulta:

- edifici con periodo $0,1s < T < 0,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$);
- edifici con periodo $0,5s < T < 1,5s$: minore o uguale del valore di soglia comunale (FAS) per la categoria di sottosuolo di tipo B (considerando il fattore di variabilità $\pm 0,1$).

6.4.4.5. Riepilogo

SITO DI RIFERIMENTO	Categoria di sottosuolo	FAC		FAS (categoria B)		FAS (categoria C)		FAS (categoria D)		FAS (categoria E)	
		0.1-0.5	0.5-1.5	0.1-0.5	0.5-1.5	0.1-0.5	0.5-1.5	0.1-0.5	0.5-1.5	0.1-0.5	0.5-1.5
MASW_1	E	1.8±0.1	1.3±0.1	1.5	1.7	1.9	2.4	2.3	4.3	2.0	3.1
MASW_2	E	2.0±0.1	1.2±0.1	1.5	1.7	1.9	2.4	2.3	4.3	2.0	3.1
MASW_3	E	1.5±0.1	1.1±0.1	1.5	1.7	1.9	2.4	2.3	4.3	2.0	3.1
HVSR_5	B	1.1±0.1	1.0±0.1	1.5	1.7	1.9	2.4	2.3	4.3	2.0	3.1

In corrispondenza della zona pedemontana e dei depositi glaciali (scenari Z4b-Z4c) la categoria sismica dominante risulta essere la E, dove le velocità delle coperture risultano assimilabili alla categoria C ma gli spessori sono inferiori a 30 m.

In corrispondenza delle zone di versante (scenario Z4d) la categoria sismica dominante risulta essere la B.

Da quanto evidenziato dallo studio effettuato in questa sede, risulta che, in corrispondenza di tutti i punti d'indagine, il fattore di amplificazione calcolato (FAC) risulta inferiore al fattore di soglia (FAS) indicato da Regione Lombardia per entrambe le categorie di edificio.

Si specifica che, in sede progettuale, il tecnico, dovrà procedere ad approfondimenti sito specifici tramite indagini sismiche di dettaglio finalizzate alla verifica del fattore di amplificazione, stimando lo spessore della copertura e il relativo valore di V_{seq} .

6.4.5. APPLICAZIONE DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – MORFOLOGIA

6.4.5.1. Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (Scheda di valutazione). Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una Vs maggiore o uguale ad 800 m/s. Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

1. rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
2. rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

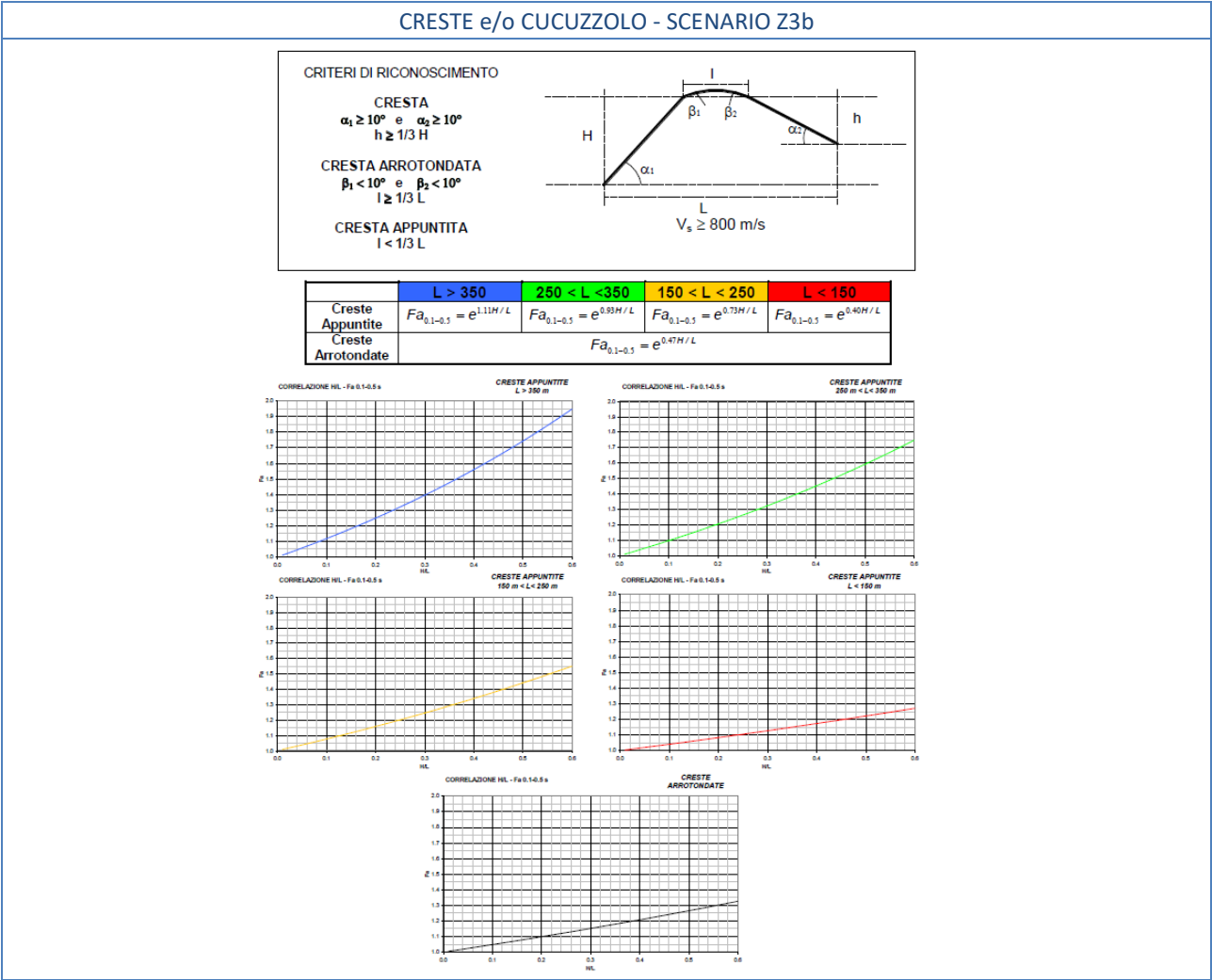
1. larghezza alla base del rilievo L;
2. larghezza in cresta del rilievo l;
3. dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
4. coefficiente di forma H/L.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L. Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l, mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. I valori di Fa così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle Schede di valutazione con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di Fa con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare, quindi, due situazioni:

1. il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
2. il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole. Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente

compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.



CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	VALORI DI SOGLIA (S _T – NTC 2018)
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

6.4.5.2. Sezione 1

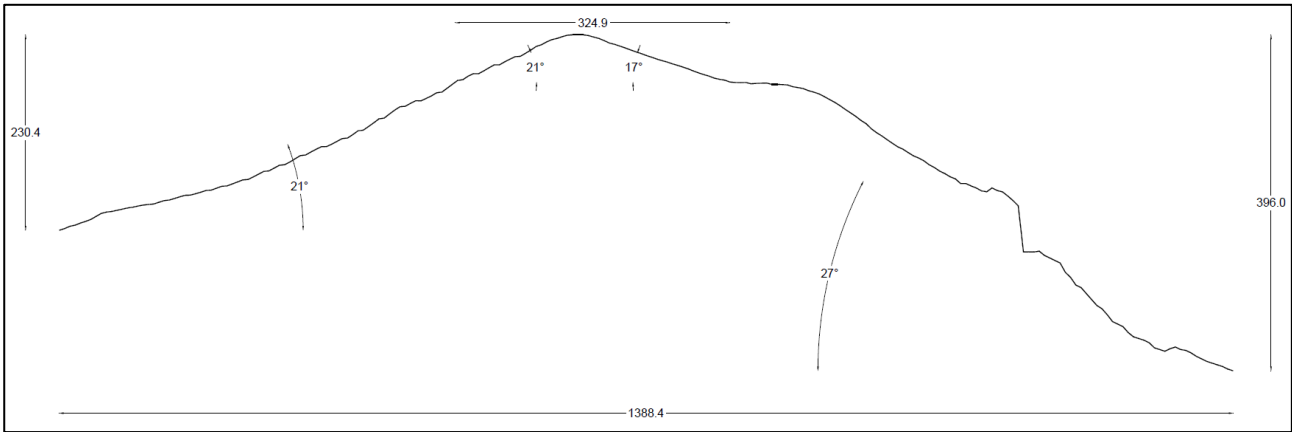
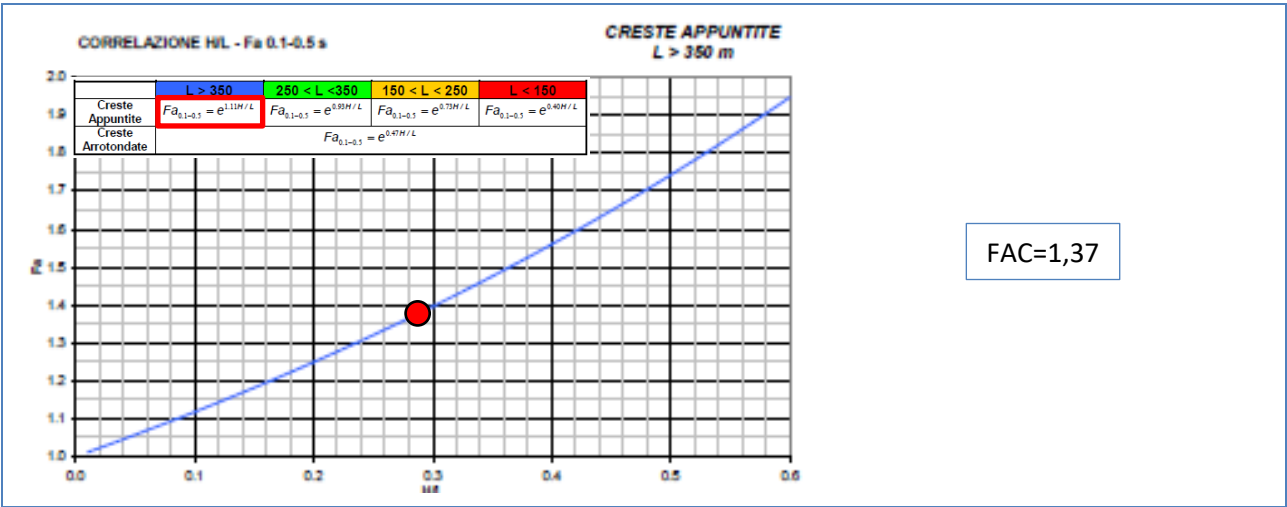


Figura 43: Morfologia della zona di cresta

PARAMETRI	VALORI
H [m]	396,0
h [m]	230,4
L [m]	1388,4
l [m]	324,9
α_1 [°]	27
α_2 [°]	21
β_1 [°]	17
β_2 [°]	21

CRITERI DI RICONOSCIMENTO	CONDIZIONI	VERIFICATE
CRESTA	$\alpha_1 \geq 10^\circ$	SI
	$\alpha_2 \geq 10^\circ$	SI
	$h \geq 1/3H$	SI
CRESTA ARROTONDATA	$\beta_1 < 10^\circ$	NO
	$\beta_2 < 10^\circ$	NO
	$l \geq 1/3L$	NO
CRESTA APPUNTITA	$l < 1/3L$	SI



6.4.5.3. Sezione 2

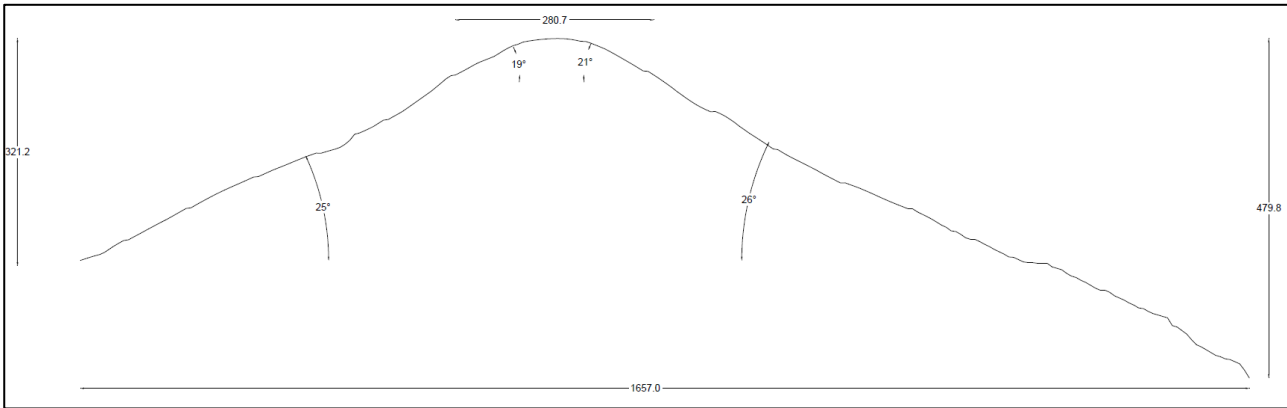
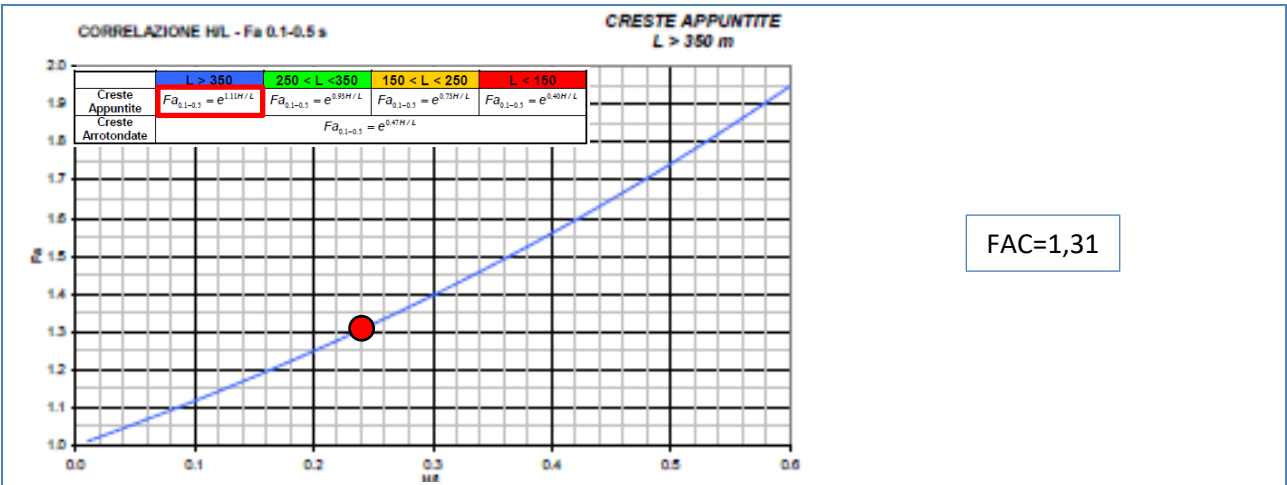


Figura 44: Morfologia della zona di cresta

PARAMETRI	VALORI
H [m]	479,8
h [m]	321,2
L [m]	1957,0
l [m]	280,7
α_1 [°]	26
α_2 [°]	25
β_1 [°]	21
β_2 [°]	19

CRITERI DI RICONOSCIMENTO	CONDIZIONI	VERIFICATE
CRESTA	$\alpha_1 \geq 10^\circ$	SI
	$\alpha_2 \geq 10^\circ$	SI
	$h \geq 1/3H$	SI
CRESTA ARROTONDATA	$\beta_1 < 10^\circ$	NO
	$\beta_2 < 10^\circ$	NO
	$l \geq 1/3L$	NO
CRESTA APPUNTITA	$l < 1/3L$	SI



6.4.5.4. Sezione 3

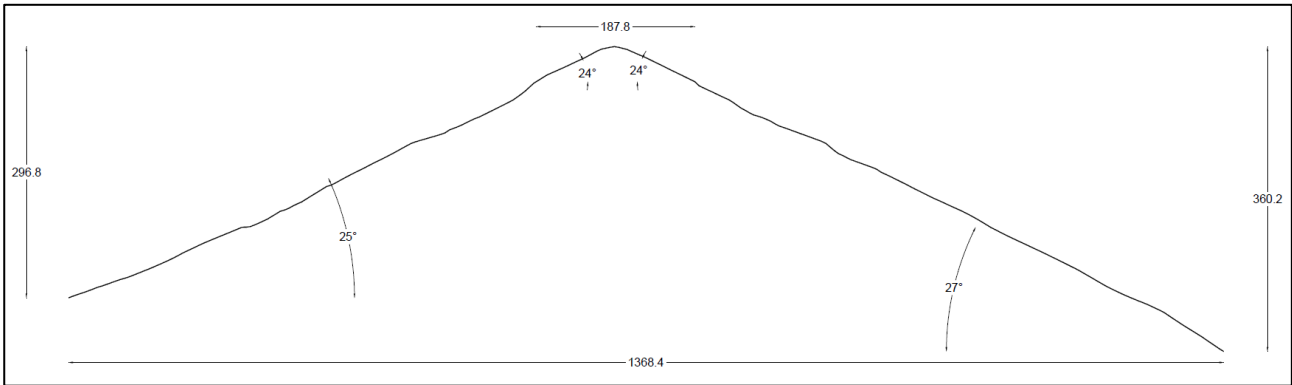
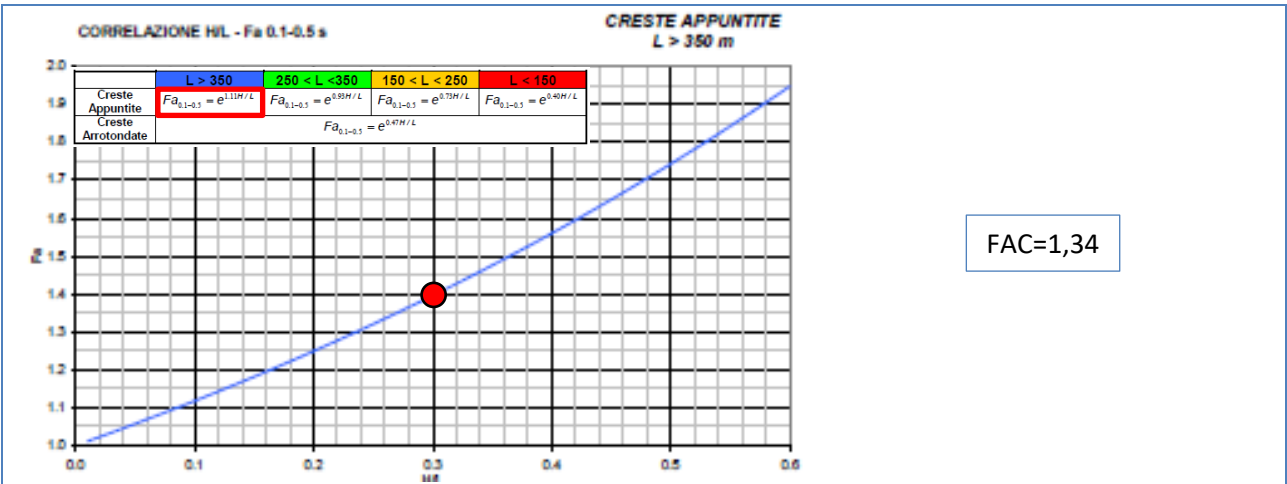


Figura 45: Morfologia della zona di cresta

PARAMETRI	VALORI
H [m]	360,2
h [m]	296,8
L [m]	1368,4
l [m]	187,8
α_1 [°]	27
α_2 [°]	25
β_1 [°]	24
β_2 [°]	24

CRITERI DI RICONOSCIMENTO	CONDIZIONI	VERIFICATE
CRESTA	$\alpha_1 \geq 10^\circ$	SI
	$\alpha_2 \geq 10^\circ$	SI
	$h \geq 1/3H$	SI
CRESTA ARROTONDATA	$\beta_1 < 10^\circ$	NO
	$\beta_2 < 10^\circ$	NO
	$l \geq 1/3L$	NO
CRESTA APPUNTITA	$l < 1/3L$	SI



6.4.5.5. Sezione 4

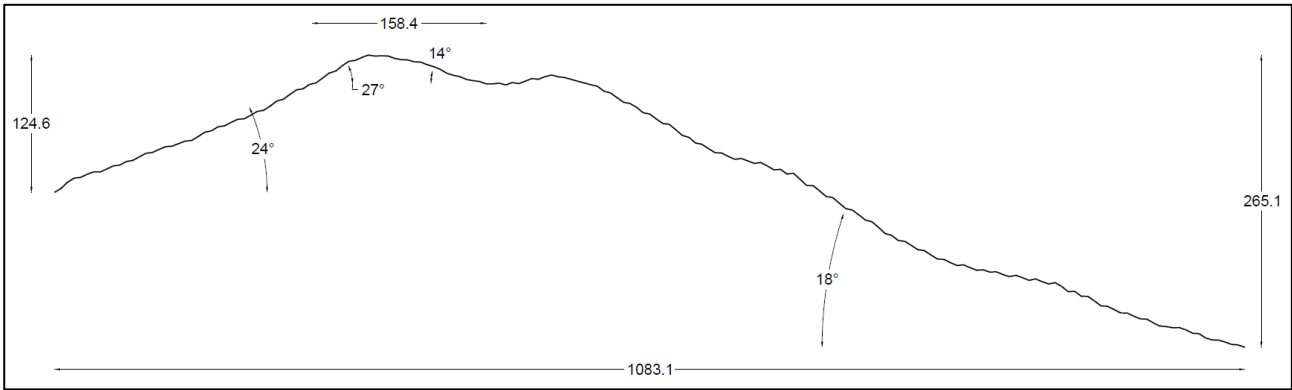
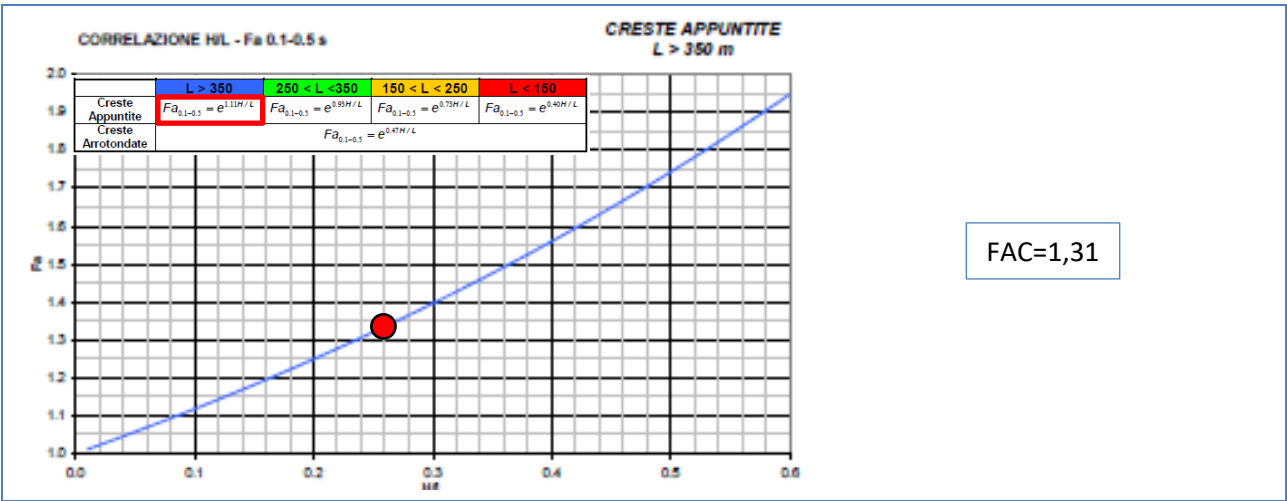


Figura 46: Morfologia della zona di cresta

PARAMETRI	VALORI
H [m]	265,1
h [m]	124,6
L [m]	1083,1
l [m]	158,4
α_1 [°]	18
α_2 [°]	24
β_1 [°]	14
β_2 [°]	27

CRITERI DI RICONOSCIMENTO	CONDIZIONI	VERIFICATE
CRESTA	$\alpha_1 \geq 10^\circ$	SI
	$\alpha_2 \geq 10^\circ$	SI
	$h \geq 1/3H$	SI
CRESTA ARROTONDATA	$\beta_1 < 10^\circ$	NO
	$\beta_2 < 10^\circ$	NO
	$l \geq 1/3L$	NO
CRESTA APPUNTITA	$l < 1/3L$	SI



6.4.5.6. Riepilogo

SITO DI RIFERIMENTO	Categoria di topografica	FAC	FAS (categoria T3)
Sezione 1	T3	1.4±0.1	1.2
Sezione 2	T3	1.3±0.1	1.2
Sezione 3	T3	1.3±0.1	1.2
Sezione 4	T3	1.3±0.1	1.2

Dall'analisi effettuata per la valutazione del fattore di amplificazione in corrispondenza delle zone di cresta è emerso che in corrispondenza della sezione 1 il FAC (fattore di amplificazione calcolato) risulta maggiore del FAS (fattore di amplificazione di soglia), pertanto, in queste zone, sarà necessario procedere ad approfondimenti di III livello o procedere ad utilizzare lo spettro della categoria T4. In corrispondenza delle restanti sezioni invece, il FAC risulta sempre minore o uguale al FAS, pertanto sarà possibile l'utilizzo dello spettro della categoria topografica individuata.

7. SISTEMA IDROGRAFICO

Dal punto di vista idrografico il corso d'acqua principale è rappresentato dal torrente Guerna, che si sviluppa lungo il fondovalle della Valcalepio e percorre l'intero margine ovest del territorio comunale con direzione N-S. In generale la natura del territorio ha dato origine ad una idrografia superficiale complessa relativamente alla lunghezza e al numero di impluvi minori: il sistema di drenaggio è costituito da più linee di impluvio che vanno a confluire nel Torrente Valmaggioro e originano un reticolo idrografico condizionato dall'assetto tettonico-strutturale. Le principali aste torrentizie presenti sul territorio sono: Torrente Guerna (sino al confine con Sarnico), il Torrente Valmaggioro, il Rio Rasetti, il Rio Pirone le Sorti, il Rio Dosso Roccolo Colognola, il Rio Lerano, il Rio Valle Cà dei Pini, Scolio Via Donizzetti, Rio Costa della Cresta 1, Rio Costa della Cresta 2, Rio Valle del Giogo e Rio Valle Massera. Le aste asciutte si attivano generalmente solo in concomitanza di precipitazioni meteoriche intense.

In recepimento di quanto riportato con Delibera di Regione Lombardia n. 5714, "Aggiornamento della D.G.R. 14/12/2020 n. XI/4037 e dei relativi allegati tecnici", i corsi d'acqua compresi sul territorio comunale di Viadanica sono da indentificarsi come facenti parte del Reticolo Idrico Minore di competenza comunale ad esclusione del T. Guerna il quale, dallo sbocco alla confluenza della Valle del Pravetto, è classificato come facente parte del Reticolo Idrico Principale (RIP).

Nel comune di Viadanica pertanto:

- non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale così come definito nell'allegato A alla DGR X/883 del 31 Ottobre 2013 e s.m.i. ad esclusione del T. Guerna;
- non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico regionale di competenza di AIPO così come definito nell'allegato B alla DGR X/883 del 31 Ottobre 2013 e s.m.i.;
- non sono presenti corsi d'acqua ascrivibili al RIB (reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica), così come definito all'interno dell'Allegato C alla DGR X/883 del 31 Ottobre 2013 e s.m.i.;
- l'intero reticolo idrico presente sul territorio comunale, ad esclusione del T. Guerna, è ascrivibile al reticolo idrico minore (RIM) di competenza comunale.

L'aggiornamento dello studio del reticolo idrico ha confermato l'ampiezza della fascia di rispetto calcolata a partire dal margine esterno del piede dell'argine o, in alternativa, della sponda, ed è pari a 10 metri. Le fasce di rispetto e il reticolo sono riportati nelle tavole allegate.

La tabella seguente riporta l'elenco del reticolo idrico minore.

COD_RIM	NOME_RIM
03016235_0001	R. COLLE OREGIA
03016235_0002	R. COSTA DELLA CRESTA 1
03016235_0003	R. COSTA DELLA CRESTA 2
03016235_0004	R. DOSSO ROCCOLO COLOGNOLA
03016235_0005	R. LERANO
03016235_0006	R. MEDILLO
03016235_0007	R. MERUSELLI
03016235_0008	R. MONTE FAETO
03016235_0009	R. PIRONE LE SORTI
03016235_0010	R. RASETTI
03016235_0011	R. USNELLA
03016235_0012	R. VALLE CÀ DEI PINI
03016235_0013	R. VALLE DEL CUCCO
03016235_0014	R. VALLE DEL GIOGO
03016235_0015	R. VALLE LAVINA
03016235_0016	R. VALLE MASSERA
03016235_0017	SCOLO LERANO
03016235_0018	SCOLO PRATI FRANOSI

03016235_0019	SCOLO VIA DONIZZETTI
03016235_0020	T. VALMAGGIORE
03016235_0021	R. RASETTI 1
03016235_0022	R. RASETTI 2
03016235_0023	R. RASETTI 3
03016235_0024	R. RASETTI 4
03016235_0025	R. RASETTI 5
03016235_0026	R. RASETTI 6
03016235_0027	R. RASETTI 7
03016235_0028	R. PIRONE LE SORTI 1
03016235_0029	R. PIRONE LE SORTI 2
03016235_0030	R. PIRONE LE SORTI 3
03016235_0031	R. PIRONE LE SORTI 4
03016235_0032	R. PIRONE LE SORTI 5
03016235_0033	R. MONTE FAETO 1
03016235_0034	R. MONTE FAETO 2
03016235_0035	R. MONTE FAETO 3
03016235_0036	R. MONTE FAETO 4
03016235_0037	R. VALLE MASSERA 1
03016235_0038	R. VALLE MASSERA 2
03016235_0039	R. COLLE OREGIA 1
03016235_0040	T. VALMAGGIORE 1
03016235_0041	T. VALMAGGIORE 2
03016235_0042	T. VALMAGGIORE 3
03016235_0043	T. VALMAGGIORE 4
03016235_0044	T. VALMAGGIORE 5
03016235_0045	R. USNELLA 1
03016235_0046	R. LERANO 1
03016235_0047	R. LERANO 2
03016235_0048	R. LERANO 3
03016235_0049	R. LERANO 4
03016235_0050	R. VALLE DEL GIOGO 1
03016235_0051	R. VALLE DEL GIOGO 2
03016235_0052	R. DOSSO ROCCOLO COLOGNOLA 1
03016235_0053	R. DOSSO ROCCOLO COLOGNOLA 2
03016235_0054	R. DOSSO ROCCOLO COLOGNOLA 3
03016235_0055	R. VALLE DEL CUCCO 1
03016235_0056	R. VALLE DEL CUCCO 2
03016235_0057	T. VALMAGGIORE 6
03016235_0058	T. VALMAGGIORE 7
03016235_0059	R. VALLE LAVINA 1
03016235_0060	R. VALLE LAVINA 2

Tabella 4 – Elenco reticolo idrico comune di Viadanica

Nella carta idrogeologica e del sistema idrografico sono state inoltre inserite le aree soggette a potenziali fenomeni di erosione da parte dei corsi d'acqua.

8. ANALISI DELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO VIGENTE (PAI-PGRA)

Il Piano di bacino idrografico è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso per la conservazione, la difesa e la valorizzazione del suolo e il corretto uso delle acque.

8.1. PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI DEL DISTRETTO DEL PO (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni nel Distretto del Po (PGRA) è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4 e approvato in data 03.03.2016 con Deliberazione n. 2/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.30 del 06.02.2017). Nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni; inoltre è stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono nelle aree allagabili e sono individuate misure per ridurre il rischio stesso, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità e analisi, da attuarsi in maniera integrata. La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle Mappe di Pericolosità per le quali sono previsti tre scenari:

- Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H);
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M);
- Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L).

Le aree allagabili riguardano quattro diversi “ambiti territoriali”:

- Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM);
- Reticolo Secondario di Pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree Costiere Lacuali (ACL).

Le aree allagabili riportate all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni interessano la porzione sudoccidentale del territorio comunale di Viadanica e nello specifico trattasi di un'area di esondazione del T. Guerna che si sviluppa in senso N-S a cavallo del limite comunale, a partire dalla Località Rasetti sino alla SP 80 (stabilimento Oldrati Group) e risulta circoscritta prevalentemente all'alveo di pertinenza del corso d'acqua. Il rischio individuato varia da R1 a R4 in funzione della pericolosità e del danno atteso nonostante non sia presente all'interno delle aree allagabili nessuna struttura o manufatto, ad eccezione di un fabbricato posizionato poco distante dalla Locanda del Vecchio Mulino, probabilmente con funzione di deposito. All'area sono stati attribuiti lo scenario di pericolosità RSCM “frequente (H)” – Tr 20 anni e “poco frequente (M)” – Tr ≥ 100-200 anni.

Di seguito si riporta l'estratto della tabella riepilogativa degli scenari di inondazione e le matrici di attribuzione del rischio per il reticolo secondario collinare-montano (RSCM).

Tabella riepilogativa scenari di inondazione

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R3	R2
	D3	R3	R3	R1
	D2	R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Matrice 2

- Aree costiere lacuali (ACL)
- Aree costiere marine (ACM), Reticolo secondario collinare e montano (RSCM appenninico)

Figura 47 - Estratto PGRA – Scenari di inondazione e determinazione del rischio

Figura 48 - Matrice di attribuzione del Rischio

Nelle figure successive si riporta un estratto del PGRA delle aree sopracitate.

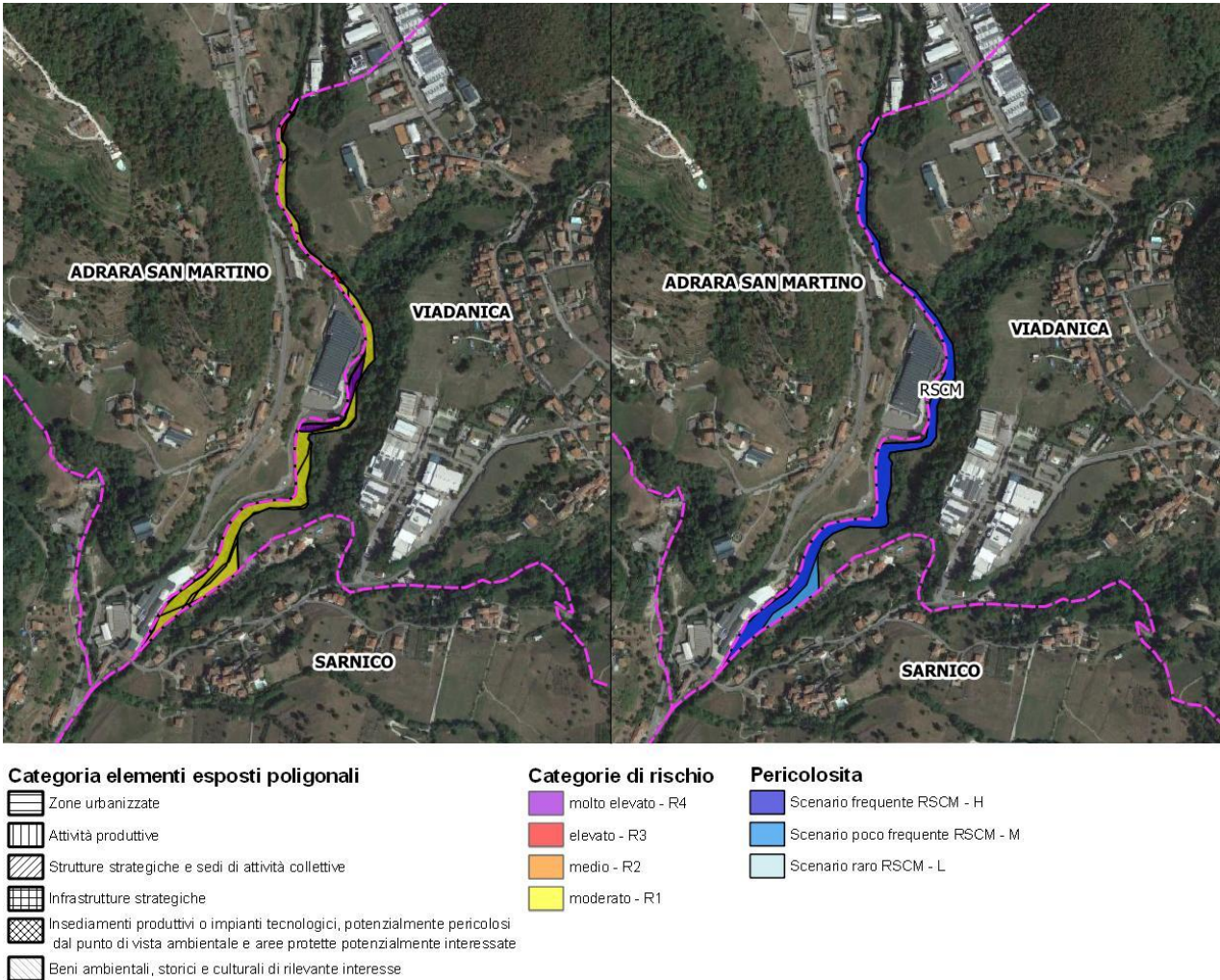


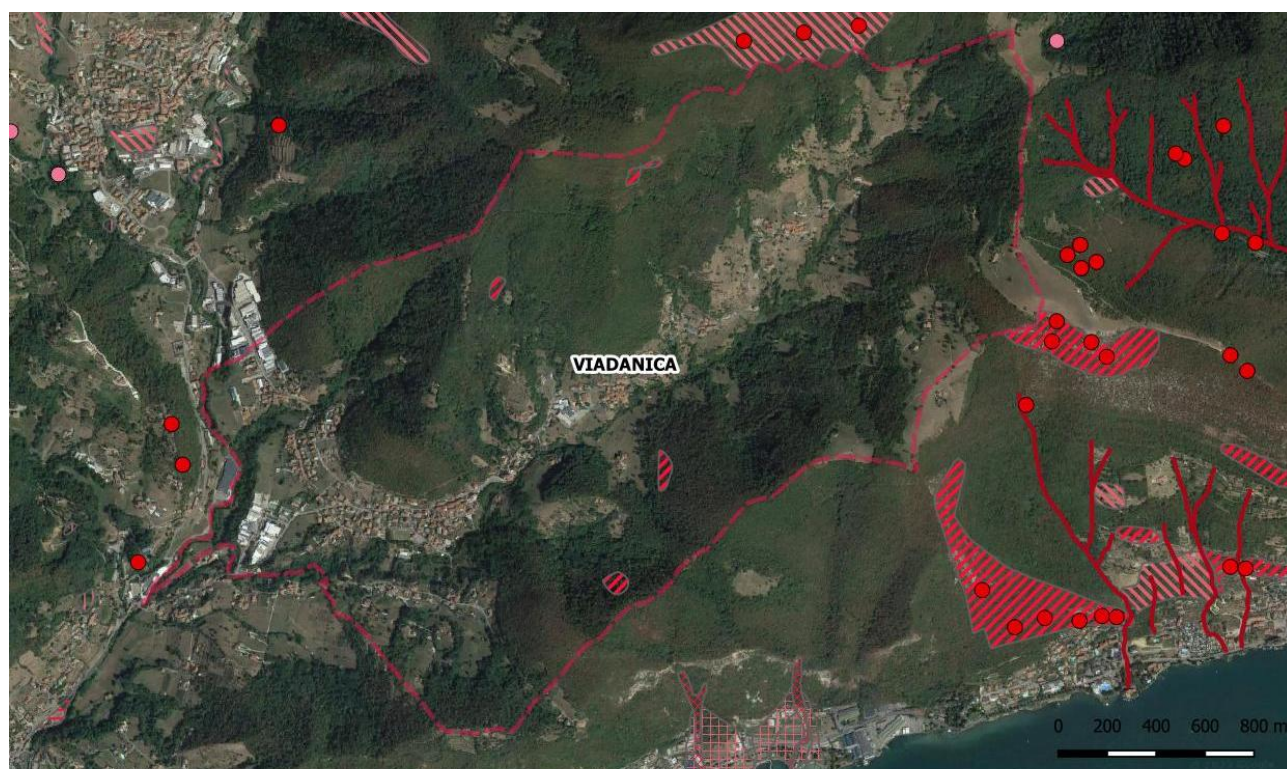
Figura 49- Mappa del Rischio e della Pericolosità (da GeoPortale Regione Lombardia – Direttiva Alluvioni 2007/60/CE Rev. 2023)

8.2. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il PAI contiene:

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti - Elaborato 8;
- La delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità, delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide - Elaborato 2, Allegato 4 - che caratterizzano la parte montana del territorio regionale;
- La perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1 e zona 2) e sul reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona I e zona BPr) - Elaborato 2, Allegato 4.1;
- Le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate - Elaborato 7, Norme di attuazione.



Dissesti lineari

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee)
Modifiche e integrazioni

Dissesti poligonali

FRANE: Area di frana attiva (Fa)

Modifiche e integrazioni

FRANE: Area di frana quiescente (Fq)

Modifiche e integrazioni

FRANE: Area di frana stabilizzata (Fs)

Modifiche e integrazioni

ESONDAZIONI: Area a pericolosità molto elevata (Ee)

Modifiche e integrazioni

CONOIDI: Area di conoide attivo non protetta (Ca)

Modifiche e integrazioni

CONOIDI: Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)

Modifiche e integrazioni

Dissesti puntuali

Area di frana attiva non perimetrata (Fa)

Modifiche e integrazioni

Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

Modifiche e integrazioni

limite comunale

Figura 50- Estratto PAI (da GeoPortale Regione Lombardia)

Nel caso in esame, in corrispondenza del territorio di Viadanica, si riscontra la presenza di aree di frana attiva (Fa) di modesta estensione areale, ubicate nella porzione sommitale dei versanti sia settentrionali che meridionali.

8.3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Secondo quanto previsto dall'Allegato A - "DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE (PGRA) NEL SETTORE URBANISTICO E DI PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA, AI SENSI DELL'ART. 58 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DEL BACINO DEL FIUME PO COSÌ COME INTEGRATE DALLA VARIANTE ADOTTATA IN DATA 7 DICEMBRE 2016 CON DELIBERAZIONE N. 5 DAL COMITATO ISTITUZIONALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO", i Comuni che rientrano nell'ambito territoriale RSCM e che sono interessati da delimitazioni nelle mappe di pericolosità del PGRA, sono tenuti ad effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali all'interno delle aree classificate con rischio R4 che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015. La valutazione deve avere le finalità descritte al paragrafo 4 del succitato allegato "Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio". Fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale della suddetta valutazione del rischio è facoltà del Comune applicare, anche all'interno degli edifici esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (Aree Ee ed Eb) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che utilizzi come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza).

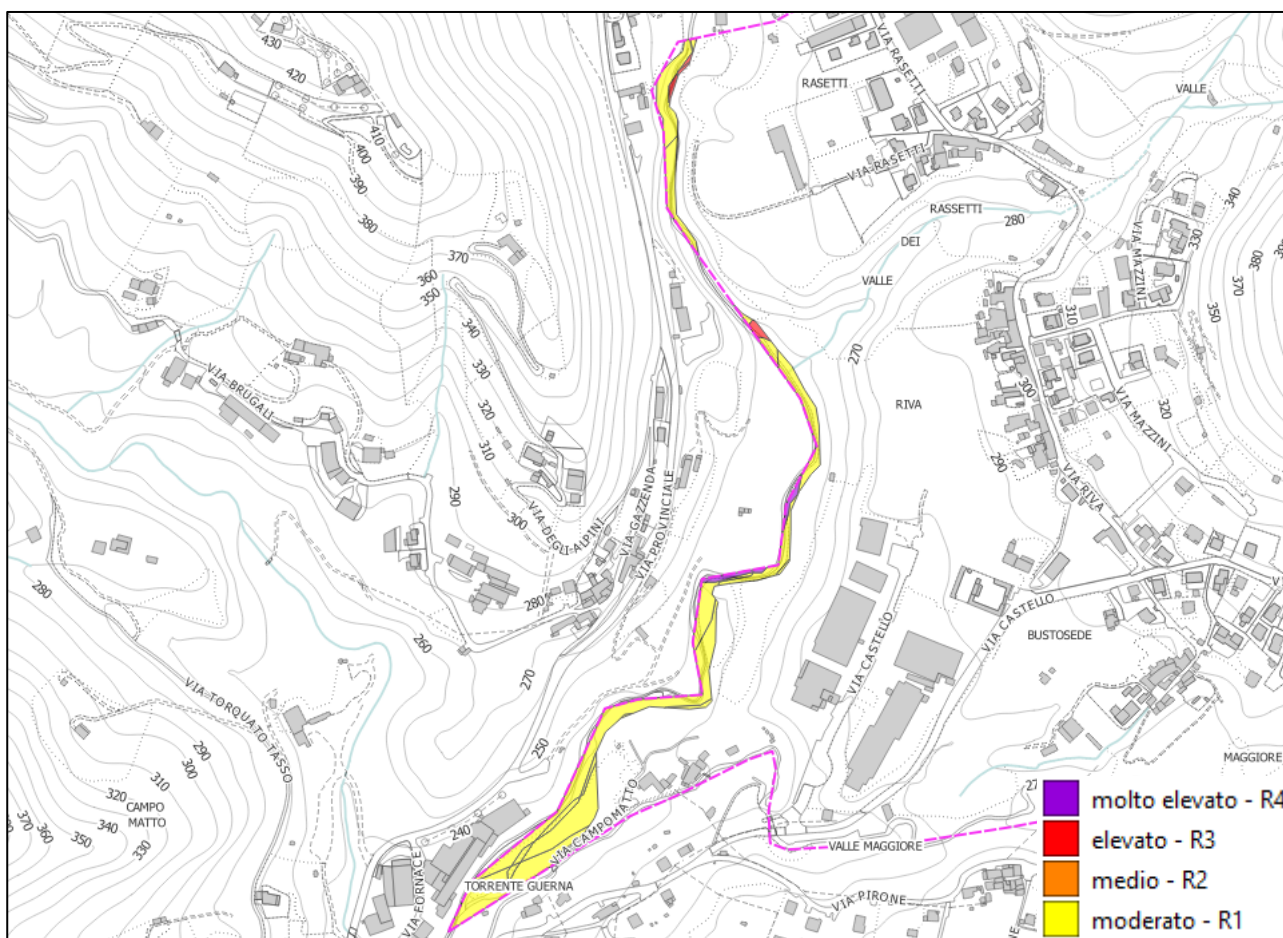


Figura 51: Mappe del rischio – Direttiva alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2023

Come di evince dalla carta del rischio idraulico riportata nella precedente figura, le aree a rischio R4, occupano delle superfici piuttosto ridotte e sono ubicate all'interno delle zone di pertinenza del Torrente Guerna in cui è già vigente il Regolamento di Polizia idraulica che ha la funzione di regolamentare l'attività edilizia e pianificatoria con limitazioni e prescrizioni piuttosto restrittive.

Data la vicinanza all'asta fluviale si ritiene corretta l'attribuzione della categoria di rischio R4 per tutte le aree considerate, le quali vengono al momento riconfermate.

9. IDROGEOLOGIA

9.1. INTRODUZIONE

La carta idrogeologica è un documento che sintetizza gli studi condotti in corrispondenza del territorio comunale i quali hanno permesso la definizione delle caratteristiche di massima degli acquiferi dal punto di vista delle loro qualità idrauliche, consentendo la determinazione della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche costituenti il sottosuolo.

Nella Tavola 3, in particolare, vengono distinti terreni e rocce in base alle loro caratteristiche di permeabilità, direttamente legate alla loro natura litologica. Le rocce con le medesime caratteristiche di permeabilità sono state accorpate in un'unica unità idrogeologica. Tale classificazione è stata fatta per individuare le aree a vulnerabilità idrogeologica omogenea al fine di salvaguardare le acque che alimentano le sorgenti presenti nel territorio di Viadanica. Per ciò che concerne i caratteri idrogeologici, una prima importante distinzione viene fatta tra la permeabilità caratteristica del substrato roccioso e la permeabilità dei terreni e dei depositi superficiali. Per quanto riguarda la permeabilità del substrato roccioso, il criterio di suddivisione in unità idrogeologiche è basato sulle caratteristiche litologiche e sulla quantità di discontinuità (fratture e giunti di stratificazione) presenti negli ammassi rocciosi.

Le unità idrogeologiche afferenti al substrato roccioso sono distinte come segue:

1. *Rocce con permeabilità media ($10^{-5} \text{ m/s} < k < 10^{-6} \text{ m/s}$):* in questa categoria rientra esclusivamente la Maiolica, la quale affiora prevalentemente in corrispondenza del settore sudoccidentale del territorio comunale. Essa è caratterizzata da una permeabilità prevalente per fratturazione poiché presenta interstrati di natura marnosa che limitano fortemente.
2. *Rocce con permeabilità bassa ($10^{-7} \text{ m/s} < k < 10^{-9} \text{ m/s}$):* rientrano in questa categoria tutte le Unità presenti in corrispondenza del territorio comunale, ad esclusione della Maiolica, le quali presentano permeabilità primaria ridotta a causa della presenza di strati pelitico-marnosi che limitano fortemente la circolazione idrica. Gli ammassi rocciosi si presentano mediamente fratturati ma le discontinuità sono spesso riempite da materiale fine che ostacola il deflusso delle acque.

Le unità idrogeologiche afferenti ai depositi superficiali sono distinte come segue:

1. *Depositi con permeabilità da media a bassa ($10^{-6} \text{ m/s} < k < 10^{-7} \text{ m/s}$):* rientrano in questa categoria i depositi alluvionali, fluvio-glaciali, colluviali e di falda di detrito caratterizzati dalla presenza di materiale medio grossolano immerso in matrice fine, generalmente limoso-argillosa. La permeabilità è generalmente scarsa ma in corrispondenza di livelli poveri di matrice può presentare valori maggiori;
2. *Depositi con permeabilità da bassa a molto bassa ($10^{-7} \text{ m/s} < k < 10^{-9} \text{ m/s}$):* rientrano in questa categoria le restanti tipologia di deposito (glaciali e glaciolacustri), costituiti prevalentemente da matrici fini limoso argillose con presenza di clasti eterometrici dispersi nella matrice.

9.2. PIEZOMETRIA

La ricostruzione della piezometria dell'area non è stata possibile a causa della natura dei depositi presenti sul territorio comunale, i quali, vista la scarsa permeabilità, non posseggono le caratteristiche necessarie per immagazzinare consistenti quantitativi d'acqua essendo caratterizzate da scarsi spessori e bassa

permeabilità. È comunque possibile che orizzonti aventi frazione grossolana più abbondante siano in grado di sostenere locali e temporanee falde sospese o semplici venute idriche di scarsa entità.

9.3. SORGENTI

Vista la scarsa capacità di immagazzinamento dei depositi quaternari, le risorse idriche del Comune di Viadanica sono concentrate prevalentemente all'interno delle Unità rocciose che affiorano in abbondanza sulla superficie del territorio comunale.

Le sorgenti captate ad uso acquedottistico risultano essere in tutto due:

1. Sorgente Lerano;
2. Sorgente Colognola;

La Sorgente Colognola, o meglio il suo troppo pieno, rappresenta il primo apporto idrico continuo minimo vitale per il torrente Valmaggiora. È la più importante fonte di alimentazione dell'acquedotto comunale di Viadanica. Risulta ubicata lungo l'incisione della Valle Maggiore alla quota di 360 m s.l.m. e nasce direttamente dalla roccia (Formazione dei Calcari Medoloidi) attraverso gli spazi fra gli strati verticali della stessa. Solo in seguito ad eventi meteorici lunghi ed intensi si verifica un temporaneo deflusso idrico superficiale anche nel tratto a monte di tale sorgente Colognola.

Nella tabella seguente si riportano i valori di portata misurati dallo scrivente in sede di redazione dello studio idrogeologico a supporto della domanda di concessione trentennale e contestuale modifica delle aree di salvaguardia.

Data	Portata al troppo pieno (l/s)	Portata al serbatoio (l/s)
4 Settembre 1996	3.75	9
4 Ottobre 1996	1.8	-
25 Ottobre 1996	2.4	-
7 Febbraio 1997	0.2	9
16 Aprile 1997	0	5.7
16 Maggio 1997	0	6.2
1 Dicembre 1999	-	7.4
12 Febbraio 2000	-	4.1

Non essendo possibile effettuare la misurazione di portata direttamente all'opera di captazione, essa deve essere determinata dalla somma della portata del troppo pieno con la portata in arrivo al serbatoio dell'acquedotto.

La Sorgente Lerano è un'altra sorgente utilizzata dall'acquedotto comunale, è ubicata nella omonima località, sul versante esposto a sud, a valle del promontorio "Meruselli" del Mt. Bronzone, alla quota di 640 m s.l.m. La scaturigine avviene dalla breccia calcarea parzialmente cementata attraverso diverse venute idriche captate tramite un "drenaggio addossato" che si sviluppa trasversalmente al versante con un cunicolo con fondo in cls che funziona anche da collettore delle acque.

Data	Portata (l/s)
4 Settembre 1996	0.48
4 Ottobre 1996	0.32
25 Ottobre 1996	0.28
7 Febbraio 1997	0.54
16 Aprile 1997	0.24
16 Maggio 1997	0.28

Sono inoltre presenti diverse sorgenti minori, temporanee o a carattere semipermanente che si disattivano talvolta nel periodo tardo estivo. Tali sorgenti presentano normalmente portate ridotte che possono aumentare nel corso di precipitazioni intense. Queste emergenze minori sono distribuite prevalentemente in corrispondenza del settore nordorientale, dove le formazioni risultano affioranti o subaffioranti.

9.4. VULNERABILITÀ

Per quanto riguarda la vulnerabilità degli acquiferi e quindi il loro naturale grado di protezione dalla possibilità di infiltrazione di inquinanti provenienti dalla superficie nell'area in esame, possono essere individuate due classi di vulnerabilità in cui rientrano le unità idrogeologiche precedentemente distinte. La prima classe di vulnerabilità comprende quelle unità idrogeologiche caratterizzate da permeabilità media e medio-bassa ($10^{-5} \text{ m/s} < k < 10^{-7} \text{ m/s}$). Queste unità sono da considerarsi a vulnerabilità media data la discreta permeabilità che caratterizza alcuni livelli di tali formazioni.

La seconda classe di vulnerabilità comprende quelle unità idrogeologiche caratterizzate da una permeabilità bassa e molto bassa ($10^{-7} \text{ m/s} < k < 10^{-9} \text{ m/s}$), ovvero i depositi superficiali di origine glaciale e tutte le unità appartenenti al substrato roccioso ad esclusione della Maiolica, da considerarsi a bassa vulnerabilità.

I dati sopra esposti sono stati sintetizzati nella "Tav. 3 - Carta idrografica e idrogeologica" allegata alla presente relazione.

10. CARTA DEI VINCOLI

10.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) APPROVATO CON DPCM 26-10-2016

Le aree potenzialmente allagabili di nuova introduzione contenute nel PGRA integrano il quadro conoscitivo del PAI. Tali aree sono state integrate all'interno dello Studio Geologico comunale al fine della definizione degli scenari di pericolosità e rischio idraulico a cui è soggetto il territorio di Foresto Sparso.

Come disposto dalla DGR X/6738 del giugno 2017 "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza", ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le aree allagabili definite dal PGRA devono essere integrate all'interno della pianificazione comunale.

Le aree allagabili riportate all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni interessano la porzione sudoccidentale del territorio comunale di Viadanica e nello specifico trattasi di un'area di esondazione del T. Guerna che si sviluppa in senso N-S a cavallo del limite comunale, a partire da via Riva sino alla SP 80 e risulta circoscritta prevalentemente all'alveo di pertinenza del corso d'acqua. Il rischio individuato varia da R1 a R4 in funzione della pericolosità e del danno atteso nonostante non sia presente all'interno delle aree allagabili nessuna struttura o manufatto, ad eccezione di un deposito attrezzi posizionato poco distante dalla Locanda del Vecchio Mulino. All'area sono stati attribuiti lo scenario di pericolosità RSCM "frequente (H)" – Tr 20 anni e "poco frequente (M)" – Tr $\geq 100-200$ anni.

10.2. VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (AI SENSI DELLA L.183.89)

10.2.1. QUADRO DEL DISSESTO RIPORTATO NEL SIT REGIONALE

Sono riportate, all'interno della carta dei vincoli, le aree in dissesto presenti nel settore montano del comune di Viadanica. Nello specifico, si tratta di aree di frana attiva perimetrate localizzate lungo i versanti sia nord che sud del territorio comunale.

10.3. VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

Si evidenzia che il comune di Foresto Sparso è dotato di uno Studio del Reticolo Idrico minore redatto dalla società Ecosphera Srl nel luglio 2023. Tale studio è dotato di "parere tecnico favorevole" da parte della Regione Lombardia sede Territoriale di Bergamo.

10.4. AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

10.4.1. ZONA DI TUTELA ASSOLUTA

La zona di tutela assoluta delle opere di captazione, prevista dal D.L.vo 3 aprile 2006, n.152 (art. 94), deve avere un'estensione di almeno 10 m di raggio e deve essere adeguatamente protetta ed adibita esclusivamente alle opere di captazione e a infrastrutture di servizio.

10.4.2. ZONA DI RISPETTO

Al suo interno valgono le prescrizioni contenute al comma 4 dell'art. 94 del D.L.vo 3 aprile 2006, n.152. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.94 comma 5 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, è subordinata all'applicazione delle Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto, contenute nella D.G.R. 10 aprile 2003 n.7/12693.

Nelle zone di rispetto dei pozzi è vietato l'inserimento di insediamenti produttivi che sono assoggettati alla disciplina di cui all'art.3 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n.4 per quanto concerne lo smaltimento delle acque di prima pioggia.

11.CARTA DI SINTESI

11.1. AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

Queste aree sono localizzate in corrispondenza del settore montuoso e possono essere caratterizzate da frane attive perimetrate e da aree a franosità superficiale attiva diffusa o semplicemente da versanti acclivi che possono avere una naturale predisposizione all'instabilità, a causa della presenza di una copertura superficiale eluvio-colluviale che, seppure di modesti spessori, presenta scadenti caratteristiche geotecniche. Oppure a causa di substrato fortemente alterato che può innescare locali fenomeni di smottamento in coincidenza eventi meteorici di particolare intensità e durata. In alcune occasioni tali fenomeni d'instabilità possono essere legati ad interventi antropici mal progettati, pertanto, i nuovi interventi devono tener conto della potenziale instabilità presente all'interno di questi pendii.

11.2. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Ricadono in questa classe le aree caratterizzate da emergenza idrica (sorgenti).

11.3. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Sono state accorpate in questa classe le aree soggette a possibili allagamenti come indicato dal PGRA ed alcune aree poste in prossimità alle aste dei corsi d'acqua interessabili da fenomeni di erosione.

11.4. AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

All'interno di questa classe sono state incluse le aree con presenza di depositi superficiali prevalentemente limoso argillosi di spessore rilevante.

Palazzolo Sull'Oglio, luglio 2025

Dott. Geol. Marco Carraro
n. 701 o.g.l.



ALLEGATI

- **All.01 – Indagini geognostiche**
- **All.02 – Indagini geofisiche**
- **All.03 – Scheda per il censimento delle sorgenti**