



Comune di Vergato

Città metropolitana di Bologna

Unità Operativa Lavori Pubblici e Manutenzioni

**Intervento di recupero e riqualificazione edilizia dell'edificio ex
scalo merci ferroviario per la creazione di un nuovo spazio pubblico
ad uso sociale, culturale e ricreativo. CUP: C23D21001590001.**

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 5: INCLUSIONE E COESIONE

Componente 2 - Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore

Investimento 2.3: Programmi per valorizzare l'identità dei luoghi: parchi e giardini storici

Programma Innovativo Nazionale per la Qualità dell'Abitare (PINQuA)



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

Il Sindaco:

Dott. Argentieri Giuseppe
Comune di Vergato

Raggruppamento temporaneo
tra professionisti:
Capogruppo progettista
architettonico coordinatore
delle prestazioni specialistiche:

arch. Elena Vincenzi
via Masaccio 3, Bologna (BO)

Giovane professionista:

ing. Michele Mastella

Responsabile
dell'Unità
Operativa "Lavori
pubblici e
Manutenzioni":

arch. Giovanni Facciorusso
Comune di Vergato

Strutture:

ing. Gianluca Calzini
via Porrettana 154, Casalecchio di Reno (BO)

Impianti meccanici:

pi. Davide Guidotti
via Calindri 12, Bologna (BO)

Impianti elettrici:

pi. Daniele Franchini
via Risorgimento 47, Anzola Emilia (BO)

Consulente acustico:

Nicola tabellini - ZEROSEI snc

Responsabile
Unico del
Procedimento:

arch. Giovanni Facciorusso
Comune di Vergato

Geologo:

geol. Luca Monti
via Masaccio 3, Bologna (BO)

Collaboratore:

ing. Giulia Casadei
Comune di Vergato

Coordinatore alla sicurezza:

geol. Beniamino Costantini
via Taranto 31, Silvi (TE)

Oggetto elaborato: STUDIO GEOLOGICO

Cod.:

G.01

Data: novembre 2023

Revisione:

Scala: -

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO	2
3.	PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO	3
4.	MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VERGATO	4
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO	5
6.	SISMICITÀ.....	5
6.1.	COORDINATE DEL SITO DI INTERVENTO.....	5
6.2.	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	6
6.3.	CATEGORIA DI SUOLO	6
7.	LITOSTRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	7
8.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	8

Allegati a fine testo

1. PREMESSA

Scopo del presente studio è stato individuare le condizioni morfologiche, litologiche, geotecniche e sismiche di un'area posta nel centro abitato di Vergato (BO) in via A. Fini in corrispondenza della stazione, dove è in progetto un *"intervento di recupero e riqualificazione edilizia dell'edificio ex scalo merci ferroviario per la creazione di un nuovo spazio pubblico ad uso sociale, culturale e ricreativo"*, come rappresentato negli elaborati progettuali cui si rimanda per una completa visione.

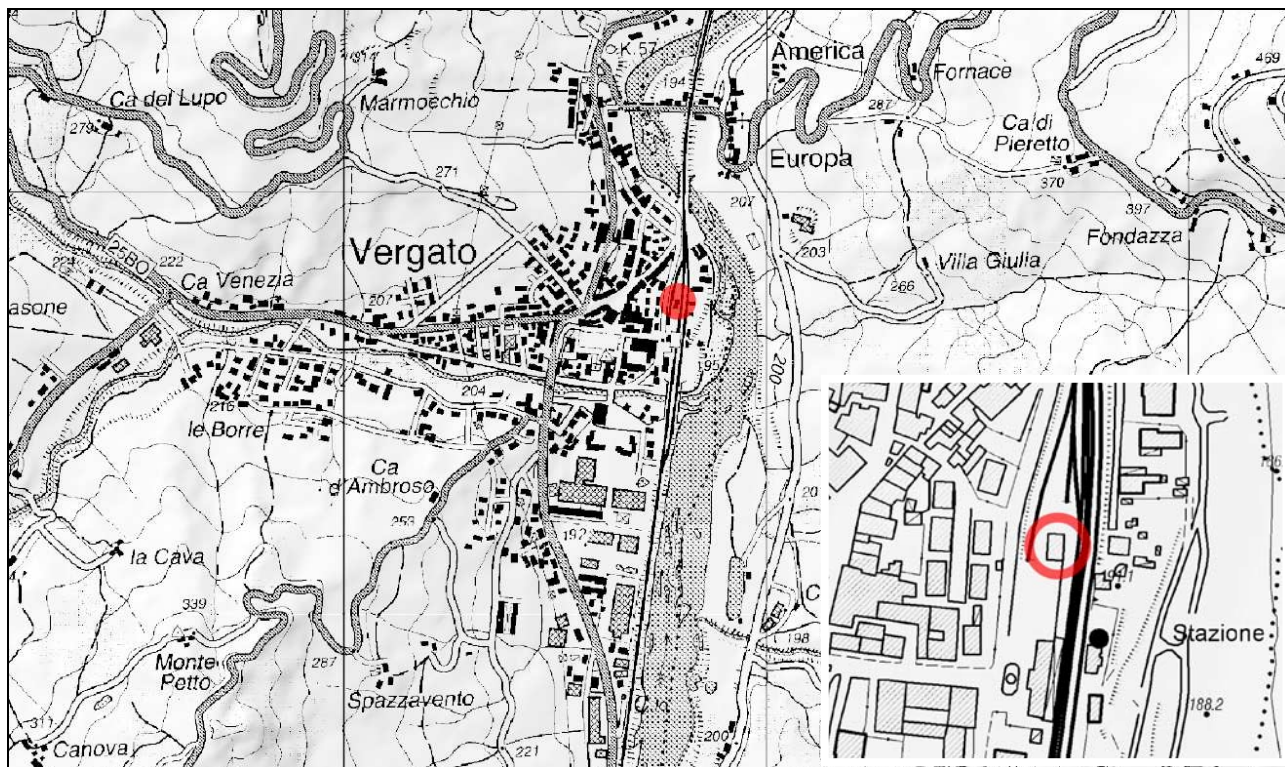


Figura 1. Stralcio CTR Regione Emilia Romagna.

Per determinare la situazione geologica e morfologica generale e accertare la natura litologica dei terreni è stata effettuata un'analisi di superficie a cui è seguita, al fine di creare un panorama conoscitivo il più completo possibile, la consultazione della seguente cartografia:

- *Cartografia geologica on-line a cura del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna;*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno;*
- *Piano Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Bologna;*
- *Microzonazione sismica del comune di Vergato*

Per la definizione stratigrafica e geotecnica dei terreni, visto il contesto di inserimento e la tipologia di intervento in progetto, si è fatto riferimento a quanto desunto durante il sopralluogo unitamente ai numerosi dati a disposizione dello scrivente relativi a comparti limitrofi caratterizzati dal medesimo contesto geologico morfologico. Per la caratterizzazione sismica è stata effettuata un'indagine sismica passiva a stazione singola attraverso l'acquisizione del microtremore sismico ambientale con Tromino.

L'area di intervento è ubicata nell'Elemento n° 237104 "Vergato" della Carta Tecnica Regionale, alla scala 1:5.000.

2. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino del Reno, al Titolo I relativo al "Rischio da frana e all'Assetto dei versanti" ed in particolare nella Carta delle Attitudini alle Trasformazioni

Urbanistiche inserisce l'area in oggetto in corrispondenza di una fascia classificata come "terrazzi alluvionali". Per quanto riguarda il Titolo II inerente il "Rischio idraulico e l'Assetto della rete idrografica" l'area è zonizzata dalla Tavola 2.10 "Zonizzazione Fiume Reno" (Figura 2) ed è classificata come "PF.M: Fascia di pertinenza fluviale" (Art. 18)..

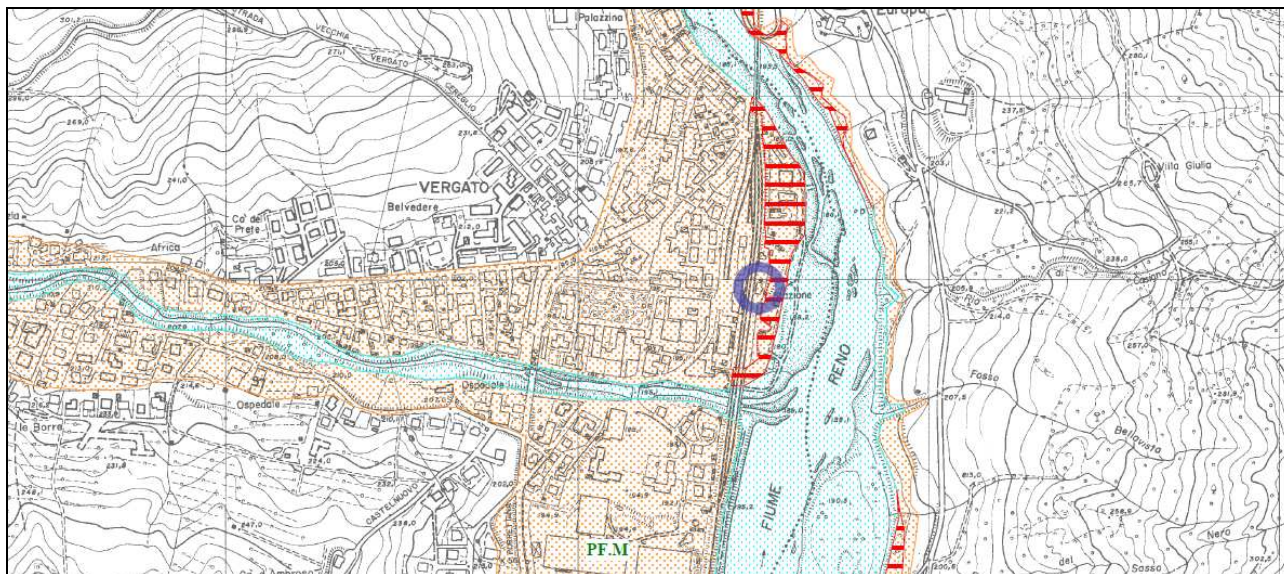


Figura 2. Stralcio Scheda N.71/M2 "Vergato" zonizzazioni aree a rischio Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Reno-Titolo I.

In base alle Norme di Piano le lavorazioni previste risultano consentite senza prevedere ulteriori approfondimenti per quanto riguarda il rischio idraulico.

3. PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO

Nel Piano Territoriale Metropolitano di Bologna – Stesura Approvata Maggio 2021, facendo riferimento alla Tavola 4 Foglio IV alla scala 1:25.000 denominata "Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali", l'area d'intervento è classificata come "AV - Detriti s.l. $i \leq 15^\circ$: depositi alluvionali di fondovalle e terrazzati e depositi di conoide alluvionale affioranti; corpi detritici di varia origine (eluvio-colluviale, coltri di alterazione), generalmente a granulometria mista (da fine a grossolana). Spessore delle coltri $H \geq 3m$. Inclinazione del pendio $i \leq 15^\circ$ " (Figura 3).

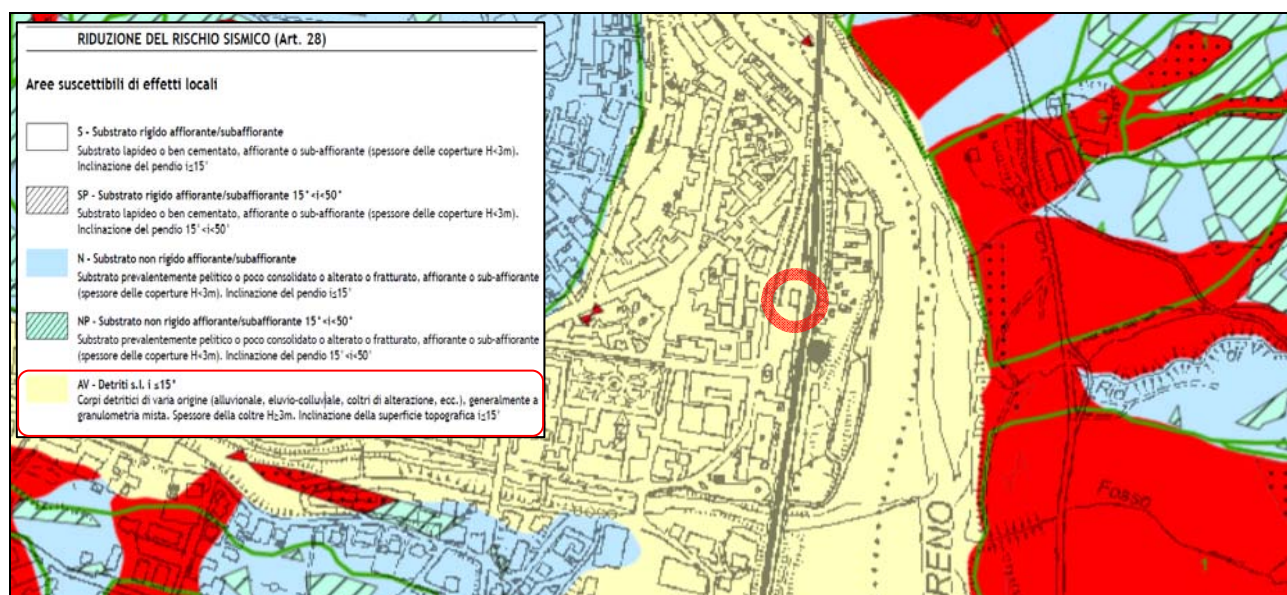


Figura 3. Stralcio della Tavola 4 Foglio IV "Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali" con ubicazione dell'area di studio.

In base alle Norme di Attuazione del PTM (art. 28) per l'area in esame gli effetti attesi e approfondimenti

richiesti sono: "aree suscettibili di amplificazione stratigrafica. È richiesta la stima dell'amplificazione; in relazione a tali aree è ritenuto sufficiente il II livello di approfondimento" ovvero l'approccio semplificato.

4. MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VERGATO

La carta geologico tecnica della Microzonazione Sismica del Comune di vergato, riporta in corrispondenza del comparto in esame la presenza di terreni di copertura costituiti classificati come "GW_{tf}: ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di di ghiaie e sabbie".

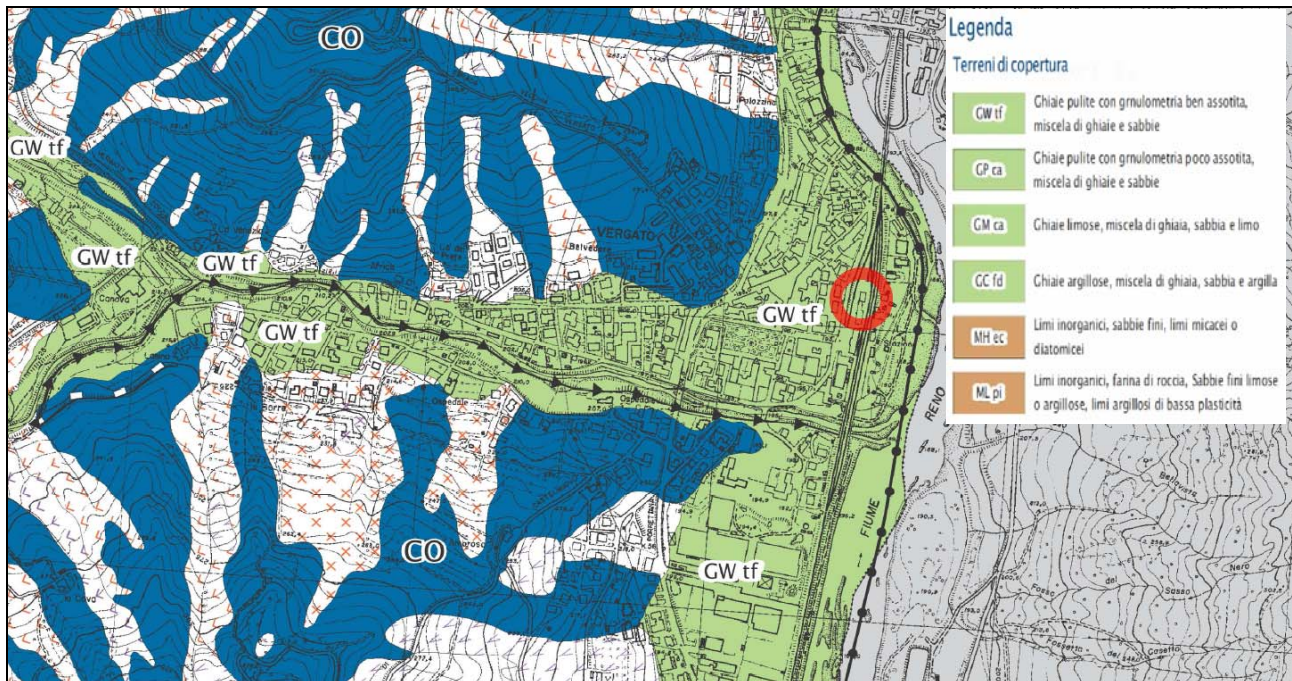


Figura 4. Stralcio Carta Geologico-tecnica - Microzonazione sismica del comune di Vergato.

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) della Microzonazione Sismica del Comune di vergato, riporta in corrispondenza del comparto in esame la zona Z7 definita come zona stabile costituita da Depositi alluvionali ghiaiosi - ghiaioso limoso sabbiosi a granulometria poco assortita di spessore 10/15 m con $V_s = 200/500$ m/sec, su substrato arenaceo pelitico, argillitico, argilloso, alternanze calcareo marnose, con $V_s < 750$ m/sec.

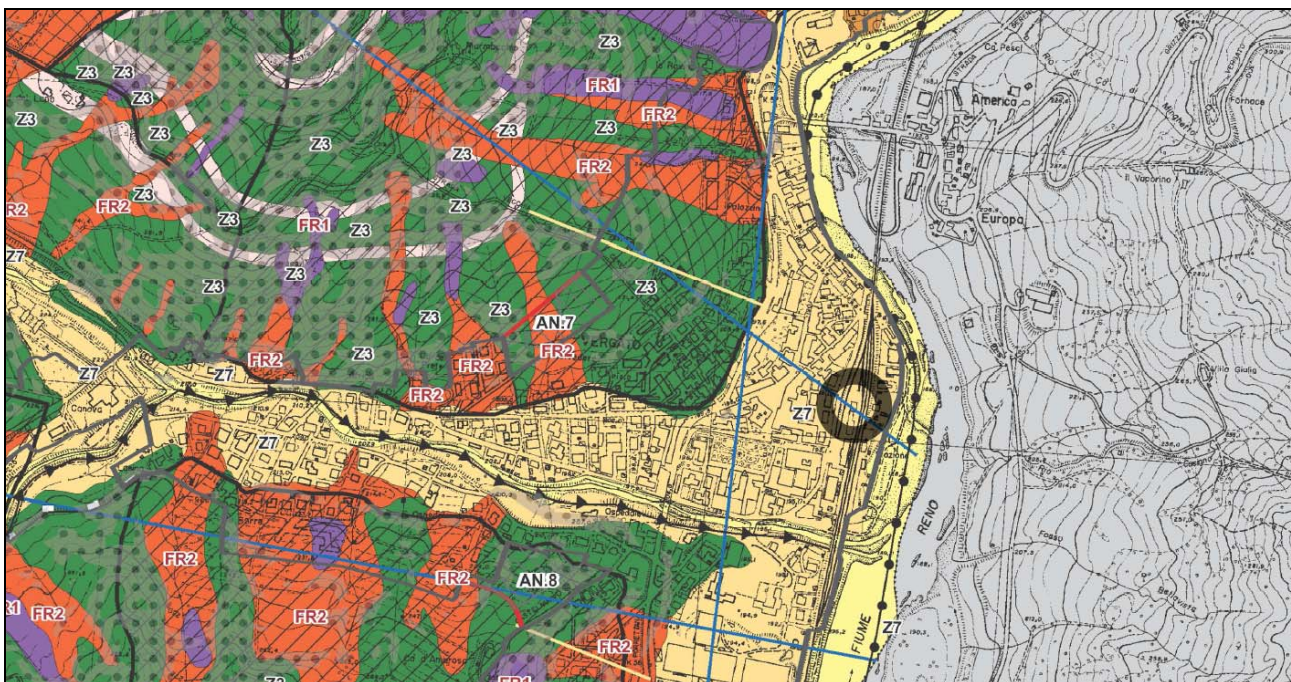


Figura 5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - Microzonazione Sismica del Comune di vergato

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

L'area in oggetto, posta nella porzione orientale del centro abitato di Vergato, ricade alla base di un versante posto in sinistra idrografica del Fiume Reno direttamente a nord della confluenza del T. Vergatello ad una quota di circa 194 m s.l.m. Si tratta di un ambito di origine alluvionale ad assetto sub-pianeggiante originatosi a seguito di cicli erosivi e sedimentari dei corsi d'acqua in questione, legati a mutazioni climatiche, a variazioni del livello di base ed all'intensa attività tettonica che ha caratterizzato questo settore appenninico. Il rilievo di superficie non ha evidenziato criticità di origine geologica e geomorfologica a carico del comparto che si colloca su depositi di terrazzo alluvionale.

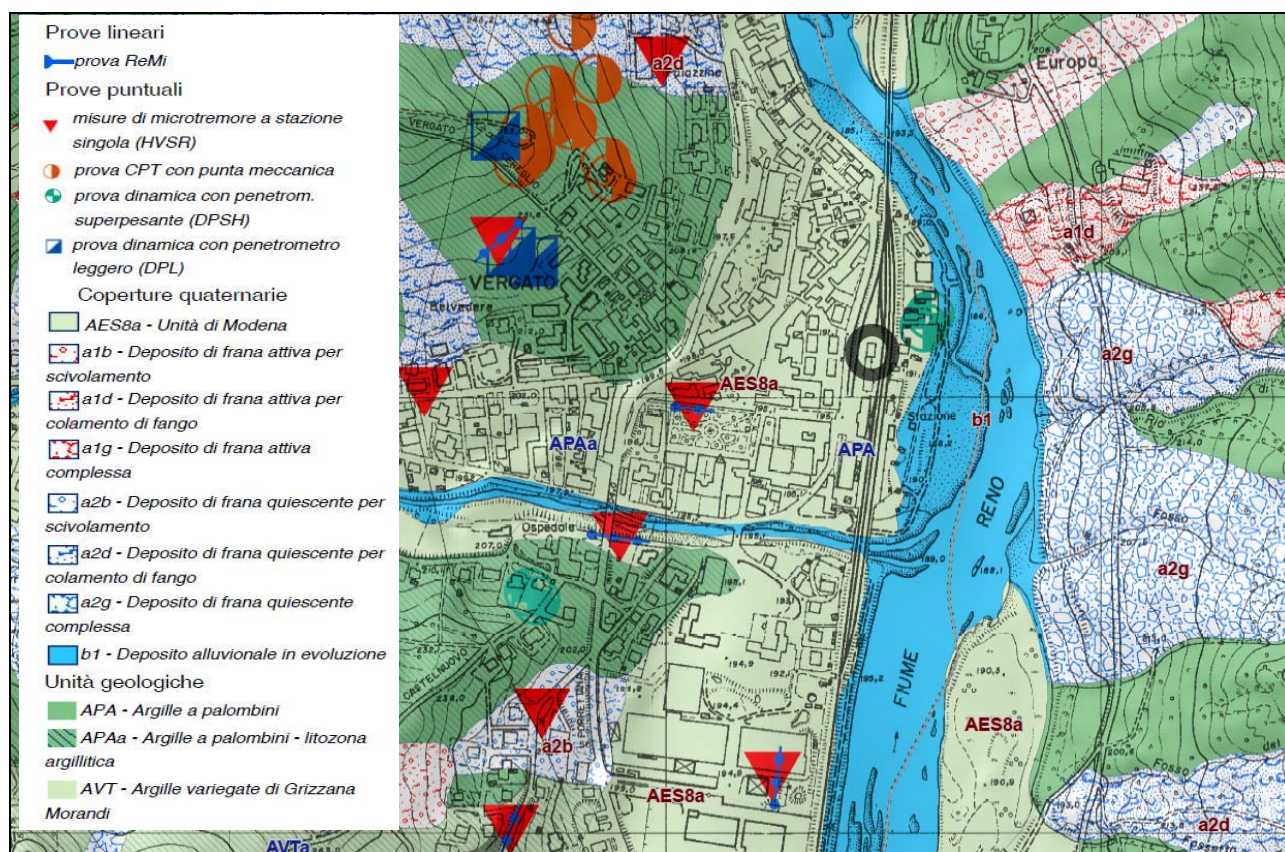


Figura 6. Stralcio carta geologica.

Dal punto di vista geologico il substrato è costituito dalla Formazione delle Argille a Palombini - litozona argillitica (APAA). Si tratta di argilliti grigie e a luoghi verdognole, con fissilità spesso molto evidente e in qualche caso silicizzate; sono alternate a calcilutiti grigie in strati medi e spessi con subordinati pacchi di strati sottili di alternanze arenaceo-pelitiche giallastre e nocciola. La litozona può essere caratterizzata da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo.

Nell'area in esame il substrato non affiora essendo ricoperto da depositi di terrazzo alluvionale.

6. SISMICITÀ

In base alla classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n° 3274, il Comune di Vergato (BO) è inserito in **Zona 3**. Di seguito si riportano gli elementi per definire l'azione sismica di progetto come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

6.1. coordinate del sito di intervento

Le coordinate del sito di intervento sono:

- WGS84 (Lat,Lng): 44.283509,11.114256;
- ED50 (Lat,Lng): 44.284455,11.115251;

6.2. Condizioni topografiche

L'area in esame è ascrivibile, secondo la classificazione della Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche delle NTC18, alla categoria T1, dove non si prevedono fenomeni di amplificazione topografica ($S_T = 1$).

6.3. Categoria di suolo

Al fine di caratterizzazione da un punto di vista sismico il comparto è stata eseguita un'indagine sismica passiva a stazione singola, attraverso l'acquisizione del microtremore sismico ambientale ubicata nella seguente immagine.



Figura 7. Ubicazione indagine sismica passiva a stazione singola su immagine satellitare tratta da Google Earth.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200 Hz. In sintesi, dopo che il segnale dei tre velocimetri è stato acquisito, per un determinato tempo t , e digitalizzato a 24 bit, viene trasmesso ad un software dedicato, denominato Grilla il quale, per ciascuna delle 3 componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

1. divisione del tracciato in finestre la cui lunghezza è immessa dall'operatore;
2. depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
3. "taper" con una finestra di Bartlett;
4. "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
6. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. smoothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
8. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura. Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre sia, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore perché riguarda oscillazioni molto piccole ($10 -15 \text{ mm/s}^2$) in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. Nel 2004, nell'ambito di un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), sono state elaborate le

linee guida per l'esecuzione e l'interpretazione di misure sismiche di microtremore, creando così le premesse per la standardizzazione di questo tipo di indagine geofisica. Le misure di microtremori vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

I dati misurati dallo strumento sono stati elaborati e interpretati fornendo un report finale così strutturato:

Dati della misura.	Ora di inizio e fine registrazione, frequenza di campionamento, ecc.
Horizontal to vertical spectral ratio	Grafico H/V
H/V Time history	Grafico Time history del rapporto H/V
Directional H/V	Grafico Direzionalità del rapporto H/V
Single component spectra	Grafico delle singole componenti spettrali
Experimental vs. sintetic H/V	Sovrapposizione della curva sperimentale alla curva H/V e istogramma Velocità/Profondità

Nell'ultima pagina dei singoli report è riportata la rispondenza delle misure, e relative elaborazioni, alle linee guida del progetto SESAME. I criteri si riferiscono all'utilizzo della misura per la valutazione della risposta sismica locale in accordo con il metodo di Nakamura.

L'elaborazione dell'indagine sismica passiva realizzata ha consentito di definire un valore del parametro **Vs30** di **459 m/sec** ascrivibile alla **categoria B** definita, nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC18, come: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"*.

7. LITOSTRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Visto il contesto geomorfologico di inserimento, lo stato dei luoghi e la tipologia di opera in progetto, per la definizione del quadro litostratigrafico e geotecnico si è fatto riferimento agli elementi raccolti durante il sopralluogo unitamente ai numerosi dati a disposizione dello scrivente relativi a comparti limitrofi.

In particolare, il comparto in esame si colloca su un deposito alluvionale terrazzato costituito da terreni prevalentemente ghiaioso limosi e ghiaioso sabbiosi.

Il modello geotecnico, in relazione all'opera in progetto, può essere quindi rappresentato da un'unica unità litotecnica costituita dai terreni prevalentemente ghiaioso limosi interferenti con le fondazioni. Attenendosi alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con il D.M. 17-01-2018, nella seguente tabella si riportano i parametri geotecnici caratteristici di tale unità.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI				
<i>Unità litostratigrafiche</i>	γ_k [t/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [KPa]	c_{uk} [KPa]
Unità A (interferente con le fondazioni): ghiaie eterometriche sabbioso limose	1,7	32	2	-

Tabella 1: Parametri geotecnici caratteristici. γ_k = peso di volume; φ'_k = angolo d'attrito interno, c'_k = coesione efficace, c_{uk} = coesione non drenata.

Tali parametri rappresentano una stima ragionata delle proprietà geotecniche dei terreni presenti desunti sulla base dei dati a disposizione dello scrivente relativi a comparti limitrofi caratterizzati dal medesimo contesto geologico e morfologico e a dati bibliografici.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'analisi di quanto esposto nei paragrafi precedenti, i terreni si prestano all'intervento previsto dal progetto. Le verifiche condotte e le analisi effettuate, hanno permesso di definire le principali caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche del sito oggetto di studio a cui il progettista strutturare dovrà attenersi per la progettazione delle strutture in progetto, e/o la verifica di quelle esistenti.

Le principali caratteristiche geologico-tecniche del comparto sono sinteticamente riassunte di seguito:

a) Classificazione sismica:

- Comune di Vergato **Zona 3**;
- Coordinate geografiche del sito d'intervento ED50 (Lat,Lng): **44.284455,11.115251**;
- Categoria topografica **T1, S_T= 1,0**;
- Categoria di suolo **B**;

b) Modello geotecnico del sottosuolo:

- La parametrizzazione geotecnica è riportata nella Tabella 1.

Dott. Luca Monti
geologo



Bologna, novembre 2023.

ALLEGATO A

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

VERGATO_VIA A. FINI - EX MAGAZZINO STAZIONE

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 21/10/23 10:52:41 Fine registrazione: 21/10/23 11:08:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 96% tracciato (selezione automatica)

Freq. campionamento: 128 Hz

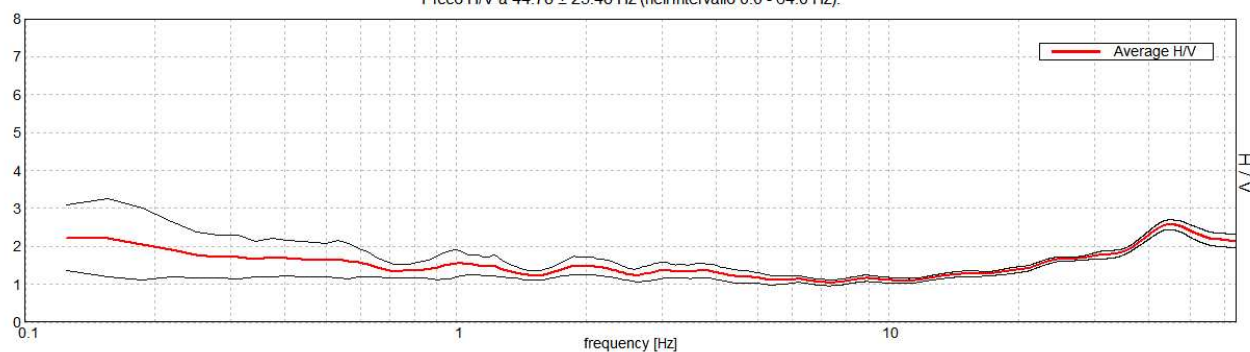
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

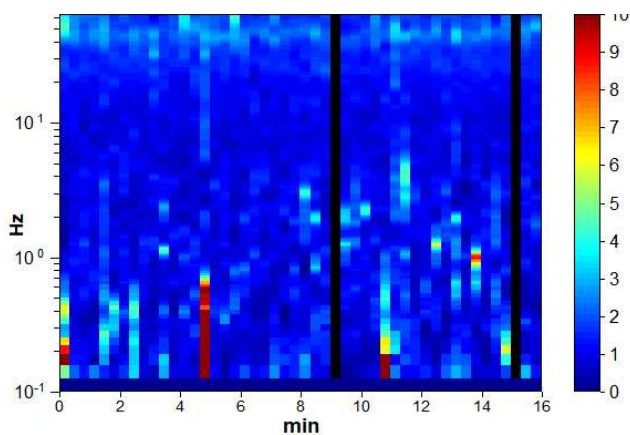
Lisciamento: 15%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

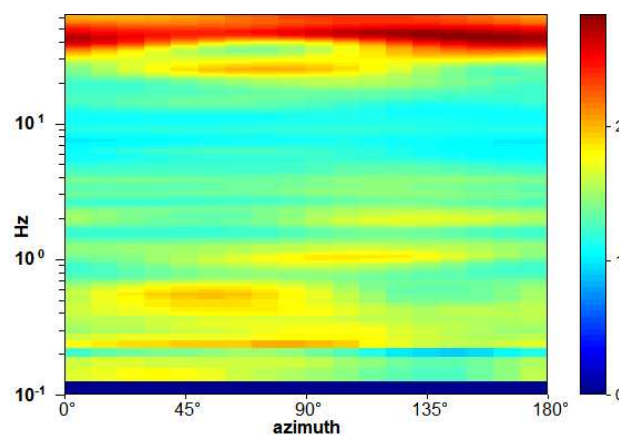
Picco H/V a 44.78 ± 25.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



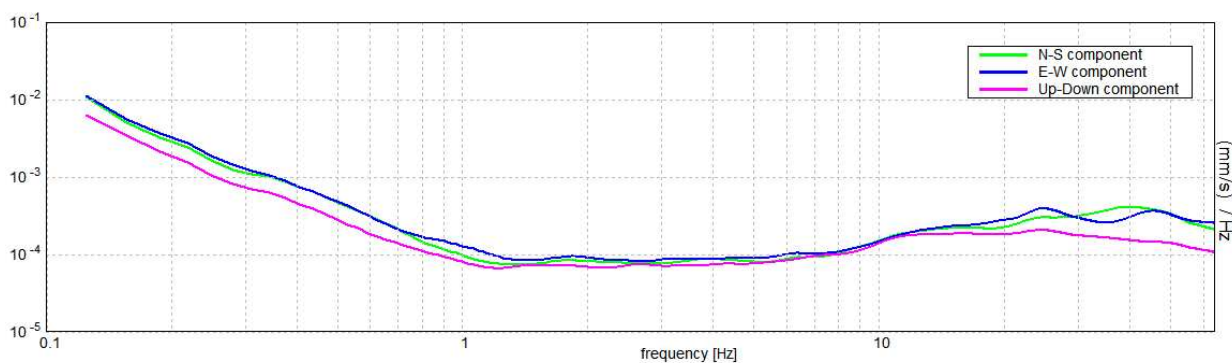
SERIE TEMPORALE H/V



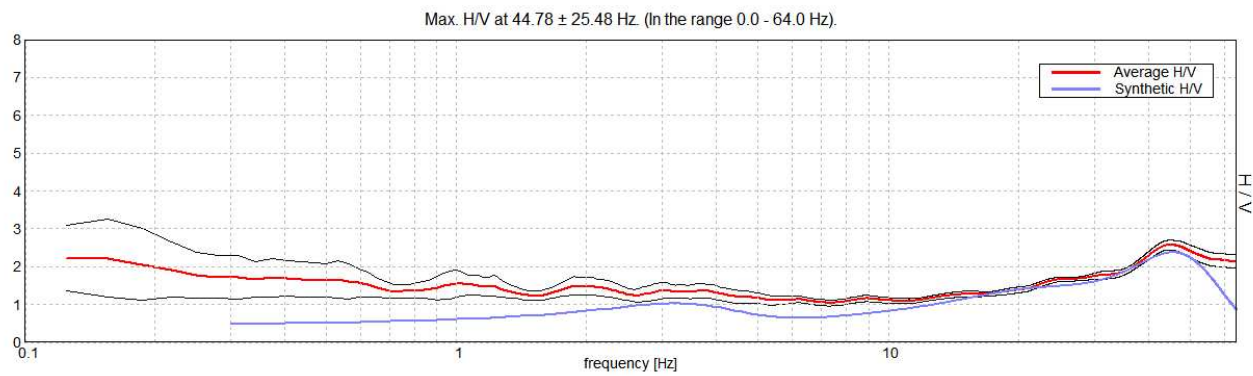
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

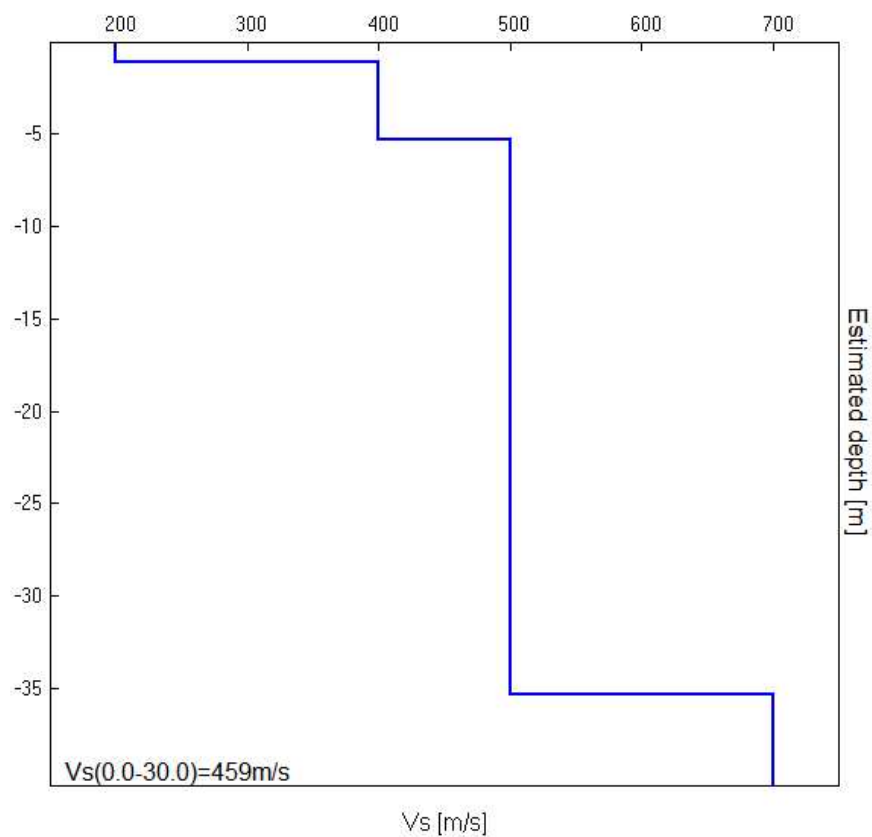


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.10	1.10	200	0.48
5.30	4.20	400	0.42
35.30	30.00	500	0.40
inf.	inf.	700	0.40

Vs(0.0-30.0)=459m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 44.78 ± 25.48 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$44.78 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$41198.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1332	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.344 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.57 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.56889 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$25.4756 < 2.23906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1276 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20