

UNIONE EUROPEA



REGIONE
ABRUZZO



Attuazione dell' Art. 11 della Legge 24 Giugno 2009, n. 77
Attività di Prevenzione del Rischio Sismico - - Microzonazione Sismica del Territorio Regionale
Progetto Cofinanziato con Fondi Comunitari POR - FEFESR Abruzzo - 2007-2013 Asse IV - -Attività IV 3.1

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Base topografica : CTRr 1:5.000 fornita dal Servizio Cartografico della Regione Abruzzo - - Sistema di Riferimento Geografico WGS 1984 Fuso 33 N



REGIONE ABRUZZO

Comune di San Vito Chietino (CH)



Validazione del
Tavolo Tecnico MZS

Tecnico incaricato :

Dott. Geol. Nicola Tullio

Collaboratore:

Geol. Elisa Di Lizia

Data

I N D I C E

1.0 INTRODUZIONE	2
2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	3
<i>2.1 Caratteri geologici</i>	3
<i>2.2 Caratteri idrografici ed idrogeologici</i>	6
<i>2.3 Caratteri geomorfologici</i>	7
3.0 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	11
4.0 DATI GEOGNOSTICI, GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE INDAGINI	17
5.0 CARTA GEOLOGICO-TECNICA	26
<i>5.1 Unità Geologiche</i>	26
5.1.1 Unità Geologiche Marine (U.G.M.)	27
5.1.2 Unità Geologiche Continentali e di Transizione (U.G.C.)	28
5.1.3 Elementi tettonico-strutturali	30
<i>5.2 Unità Litotecniche</i>	31
5.2.1 Substrato geologico non rigido	31
5.2.2 Terreni di copertura	32
6.0 MODELLO DEL SOTTOSUOLO	36
7.0 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	44
8.0 CENNI SULLA STORIA URBANISTICA DEL CENTRO STORICO IN RAPPORTO ALLA MICROZONAZIONE SISMICA	49
9.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE, INCERTEZZE ED INDICAZIONI PER SUCCESSIVI APPROFONDIMENTI	51
10.0 BIBLIOGRAFIA	53

Tavole allegate:

- Carta geologico-tecnica;
- Carta delle indagini;
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

1.0 INTRODUZIONE

Nell'ambito del programma regionale di mitigazione del rischio sismico, di cui alle D.G.R. n. 474 del 24.06.2013 e D.G.R. n.847 del 18.11. 2013 (ai sensi della OCDPC n.52/2013), il presente studio analizza la pericolosità sismica del territorio comunale di San Vito Chietino (CH) per poter successivamente valutare e quantificare il rischio sismico associato al territorio urbanizzato (Microzonazione sismica di livello 1 del territorio comunale).

Il comune si colloca nella parte costiera della Provincia di Chieti: il suo territorio si estende per circa 17 Km² ed ha attualmente una popolazione residente di 5.321 abitanti (dato riferito al 31/12/2010) con buona densità insediativa (313 ab/km²) in quanto le aree urbanizzate sono dislocate, oltre che nel centro capoluogo, soprattutto nelle località urbanizzate di San Vito Marina e Sant'Apollinare.

Gli effetti provocati dallo scuotimento sismico alle costruzioni e alle infrastrutture presentano spesso differenze sostanziali in centri abitati posti anche a piccola distanza tra loro, se non nell'ambito dello stesso centro abitato. L'entità del danno è certamente condizionata dalla qualità delle costruzioni, ma spesso le cause vanno ricercate in una differente pericolosità sismica locale, ovvero nella presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente dei terreni.

Attualmente si tende ad analizzare preventivamente un territorio al fine di discretizzarlo in areali in cui le condizioni strutturali e litostratigrafiche sono tali da far attendere un comportamento omogeneo, in termini di amplificazione, nei confronti dell'ampiezza dell'onda sismica. Tale analisi preliminare è nota con il nome di "microzonazione sismica" di un territorio e si contrappone al vecchio concetto di macrozona sismiche che coincidevano, impropriamente, con confini amministrativi piuttosto che con limiti geologici.

In tal senso il presente studio ha lo scopo di caratterizzare il territorio individuando e delimitando le aree a comportamento sismico omogeneo. Tale analisi risulta, quindi, fondamentale per una corretta pianificazione territoriale e l'obiettivo è quello di fornire elementi per la progettazione di nuove opere e/o di ristrutturazione di quelle esistenti ed evidenziare la presenza di fenomeni di amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche locali.

La presente relazione illustra gli aspetti relativi agli elaborati cartografici prodotti al fine di agevolare la lettura dei dati e la valutazione delle risultanze: vengono descritti le caratteristiche

litotecniche e l'assetto stratigrafico dei sedimenti presenti con particolare riferimento alle indagini geotecniche e geofisiche utilizzate così come previsto dalla normativa nazionale e regionale vigente (*Linee Guida Regione Abruzzo versione 1.2, L'Aquila 30 Luglio 2012*) e integrando i risultati secondo le **Istruzioni Tecniche degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica**.

Le aree rilevate sono state definite in accordo con gli amministratori e tecnici comunali, identificando le problematiche urbanistiche locali e proponendo una zonizzazione del territorio, con particolare riferimento alle zone oggetto di trasformazione e di nuova urbanizzazione.

Partendo, quindi, dalla descrizione dell'assetto geologico e geomorfologico dell'area e dalla valutazione della pericolosità sismica di base, la presente relazione descrive le unità geologiche affioranti ponendo particolare attenzione ai depositi di copertura quaternari, per i quali sono state definite le diverse unità litotecniche e riportate le principali caratteristiche fisico-meccaniche.

Sulla base dei dati a disposizione e delle indagini svolte è stato definito il modello del sottosuolo locale. Sono state, inoltre, riportate le informazioni e considerazioni ritenute utili per l'analisi della risposta sismica locale e le interpretazioni nel definire, ad esempio, i limiti tra i diversi litotipi specie quando l'intensa coltivazione agricola ne maschera i contatti.

2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio del Comune di San Vito Chietino, appartenente alla Costa dei Trabocchi, è situato nella zona costiera della Provincia di Chieti e il suo territorio, caratterizzato da terreni della successione marina del Pliocene-Pleistocene, risulta inciso dal F. Feltrino che sbocca nel Mar Adriatico in Località San Vito Marina.

2.1 Caratteri geologici

La cartografia geologica di riferimento per questo territorio è a tutt'oggi costituita dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 147 – LANCIANO – (CATENACCI, 1970), ma per la presenza di formazioni simili a quelle della Carta Geologica d'Italia dell'ISPRA – Progetto CARG alla scala 1:50.000 - Foglio n. 372 – Vasto e Foglio n. 361 - Chieti si è preferito fare riferimento, sia per la datazione delle formazioni presenti, sia per la loro descrizione, alle note illustrative delle suddette Carte.

Il territorio in oggetto appartiene, per quanto attiene il **contesto geologico-strutturale**, all'ampia fascia periadriatica Marchigiano-Abruzzese, settore geologico che nell'ambito del sistema catena-avanfossa appenninico si definisce nella sua evoluzione tettonico-sedimentaria dal Pliocene medio ai tempi attuali.

La zona risulta costituita da colline modellate su terreni argillosi e argillo-sabbiosi, organizzati generalmente in strati di spessore medio disposti in una struttura monoclinale debolmente immergente ad E-NE, raramente dislocata da faglie, che il più delle volte costituiscono il controllo strutturale di elementi idrografici.

La successione stratigrafica risulta solo apparentemente continua: la sua unitarietà con facies afferenti ad un unico ciclo tendenzialmente regressivo, che evolvono da sedimenti di pianura sommersa (argille) a sedimenti litorali e/o continentali (sabbie e ghiaie), presenta numerose discontinuità di sedimentazione e discordanze geometriche condizionate dall'evoluzione tettonica sinsedimentaria della fascia Marchigiano-Abruzzese e da ripetuti e contestuali eventi eustatici di origine climatica.

Il settore chietino della suddetta fascia, che si sviluppa a fronte della catena carbonatica della Maiella in dislocazione e sollevamento durante l'intervallo Pliocene medio-Pleistocene, ha costituito, inoltre, un esteso depocentro per i prodotti di smantellamento della catena stessa, canalizzati lungo direttrici che prefigurano i successivi più importanti elementi fluviali. L'unità strutturale evidenziata è una sequenza deposizionale marina del Pliocene e del Pleistocene. Terminata la sedimentazione marina, l'area è sottoposta ad un energico sollevamento con basculamento verso N-NE che determina l'attuale configurazione morfostrutturale.

Successivi processi di erosione e alterazione si sono ripetuti anche in contesti morfoclimatici assai differenti da quello attuale, durante il Pleistocene medio e superiore: ad essi sono dovute le forme del rilievo e quelle vallive. Le incisioni vallive, infatti, originatesi con l'ultima fase glacio-eustatica del Pleistocene superiore, hanno interessato e modellato energicamente i versanti ed i pianori sommitali e successivamente sono state ridotte o colmate da coperture alluvionali.

Come si nota dallo stralcio seguente, tratto dalla **Carta Geologica d'Italia** alla scala 1:100.000 - **Foglio 147 – LANCIANO** – (CATENACCI, 1970), il **Calabriano** si presenta, nella parte basale, **argilloso** (Q^c_a) ed in continuità con il sottostante Pliocene, ugualmente argilloso; la transizione dall'uno all'altro è definibile solo su base micropaleontologica. Seguono le **sabbie giallo-dorate** (Q^c_s) coperte da **puddinghe e ciottoli** più o meno cementati (Q^c_{cg}) la cui parte basale di ambiente litorale va progressivamente variando verso facies a carattere

sempre più spiccatamente continentale. Tali depositi testimoniano la chiusura del ciclo plio-pleistocenico, mentre coperture continentali oloceniche (depositi alluvionali) si rinvencono in corrispondenza della valle del T. Feltrino.

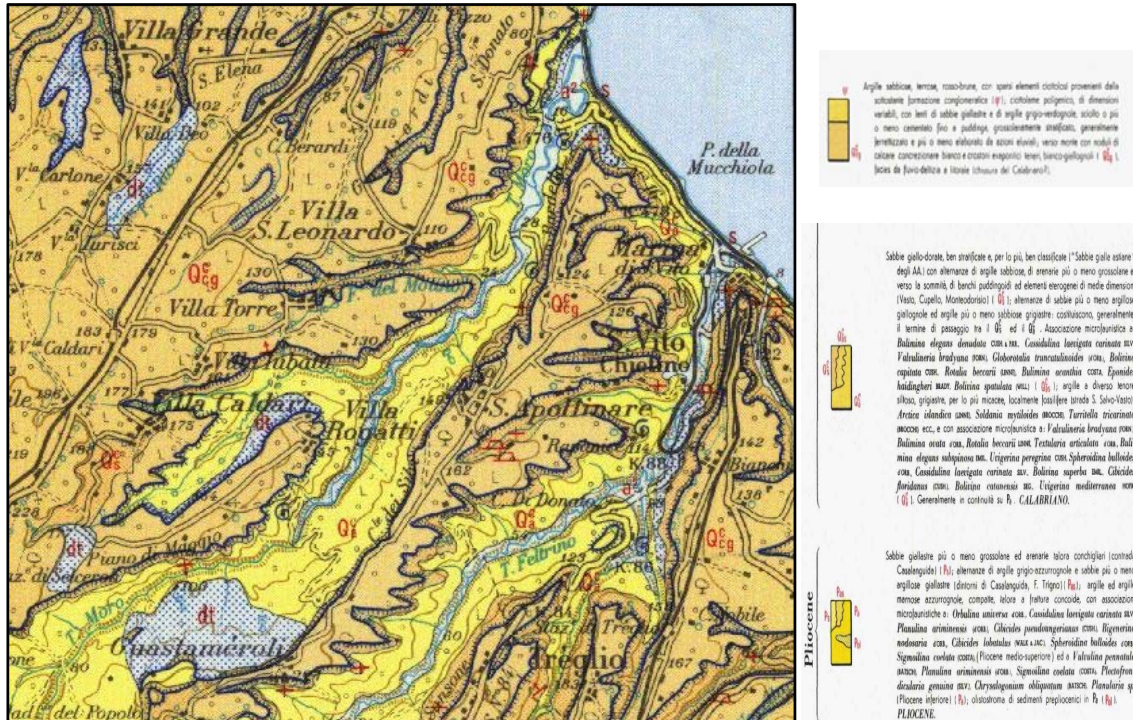


Fig.1. Stralcio e legenda della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100000 – Foglio 147 – LANCIANO

I depositi plio-pleistocenici possono essere assimilati alla **Formazione di Mutignano**, i cui termini litologici sono riferibili ad ambienti che vanno dall'offshore allo shoreface. La loro organizzazione verticale individua una fase di progradazione degli ambienti deposizionali verso le aree bacinali con tendenza al colmamento del depocentro plio-pleistocenico. Al di sopra è presente, in marcata discordanza erosiva, **la formazione delle Argille e dei Conglomerati di Ripa Teatina (RPT)** rappresentata da conglomerati poligenici eterometrici fino alla dimensione dei blocchi, da sub angolari ad arrotondati.

Le esplorazioni profonde, svolte dall'AGIP Mineraria nel 1960, hanno mostrato nel sottosuolo sedimenti argillosi del Quaternario marino fino alla profondità di 400 m dal piano campagna.

In particolare, il pozzo, denominato San Vito Chietino 001, perforato nel 1960 in Località Mancini, e spinto fino alla profondità di 2633 m dal p.c., ha messo in luce, dall'alto verso il basso:

- Argille, talora leggermente sabbiose, del Quaternario e Argille del Calabriano fino alla

profondità di 500 m dal piano campagna;

- *Argille del Pliocene con sottili intercalazioni arenacee* fino alla profondità di -2025 m;
- *Marne argillose, talora leggermente sabbiose, del Pliocene inferiore* fino a - 2424 m;
- *Gessi con qualche livello calcareo e marnoso del Miocene Superiore* fino a - 2465 m;
- *Marne con livelletti di calcare detritico-organogeno del Miocene Medio* fino a -2500 m;
- *Calcere detritico, organico, vacuolare e fratturato del Miocene inferiore* con acqua salso-sulfurea fino a -2517 m;
- *Calcere nocciola detritico fossilifero dolomitizzato talora vacuolare e fratturato alternato a calcare biancastro saccaroide e friabile del Cretaceo superiore* fino alla profondità di 2630 m.

Da tale stratigrafia si evince che il substrato geologico plio-pleistocenico, prevalentemente argilloso-sabbioso, nella zona in esame ha uno spessore di circa 2424 m e poggia in continuità di sedimentazione sulla serie miocenica e cretacea senza presenza di sedimenti alloctoni.

2.2 Caratteri idrografici ed idrogeologici

Alla luce di quanto precedentemente descritto l'abitato di San Vito e il suo territorio sono ubicati in un paesaggio collinare prospiciente il mare ed inciso ad occidente dal T. Feltrino, che scorre da SW a NE e raccoglie numerosi piccoli corsi d'acqua caratterizzati da erosione concentrata e approfondimento dell'alveo.

Il bacino idrografico del T. Feltrino, allungato in direzione SW-NE, occupa una superficie di circa 51 Km² con una lunghezza dell'asta principale di circa 18,3 km. Il corso d'acqua drena le acque delle formazioni plio-pleistoceniche della fascia collinare periadriatica presentando un tipico regime stagionale e, quindi, fortemente legato all'andamento delle precipitazioni.

La forma del reticolo idrografico è ascrivibile ad una tipologia di tipo subdendritico in cui alcuni rami fluviali hanno direzioni preferenziali, evidenziando la presenza di condizionamento strutturale legato ad un sistema di fratture responsabile dell'evoluzione tettonica costiera.

Nell'ultimo tratto i principali affluenti sono disposti in sinistra idrografica (Fosso del Gallo e Fosso S. Angelo) e il corso d'acqua si presenta di tipo meandriforme (pendenze dell'alveo molto basse tipiche delle aree pianeggianti) con un alveo di magra incassato e larghezza variabile da 5 a 10 m. In occasione di eventi di piena si hanno fenomeni di tracimazione e di esondazione, ma tale dinamica naturale risulta compromessa da un'intensa opera di antropizzazione costituita da beni e servizi realizzati nelle aree di stretta pertinenza fluviale.

In occasione di precipitazioni intense con fenomeni di alluvione, la forza erosiva delle acque ha determinato, a più riprese negli anni, danni alle opere di contenimento e di difesa presenti lungo le sponde. Dai dati della stazione idrometrografica presente lungo l'asta del Feltrino e localizzata a circa 2 km dalla foce (Ponte sulla strada comunale Bufara) risulta che i principali eventi alluvionali sono stati registrati nel 1949 (ottobre) con portata massima di 550 m³/s, nel 1970 (settembre) con 227 m³/s, nel 1990 (dicembre) con 411 m³/s, nel 1998 (luglio) con 387 m³/s e i danni hanno interessato le strutture presenti nella piana alluvionale (depuratore comunale, campeggio, parcheggi pubblici) con dissesti legati alle erosioni spondali e alle frane localizzate sugli argini fluviali. Numerose altre esondazioni si sono avute negli anni 2000 e l'ultima il 5 marzo 2015 quando tutta la zona marina è stata allagata con ingenti danni alle infrastrutture presenti.

Il fondo vallivo è caratterizzato da sedimenti alluvionali recenti del Pleistocene, costituiti prevalentemente da depositi ghiaioso-sabbiosi con lenti limoso-sabbioso-argillose. Alluvioni fluviali attuali sono costituite dai depositi ghiaiosi e sabbiosi presenti nel thalweg, mentre in prossimità della costa sono presenti depositi sabbiosi di spiaggia e sabbiosi fluviali, con lenti di ciottoli, di elaborazione litorale, relativi all'ultima ingressione marina flandriana.

I depositi alluvionali, nell'area in esame, sono delimitati, inferiormente e lateralmente, dalle formazioni argillose plio-pleistoceniche dell'Avanfossa.

Dal punto di vista idrogeologico si distinguono il *Complesso Idrogeologico dell'associazione sabbioso-conglomeratica e delle alluvioni* e il *Complesso dell'associazione pelitico-sabbiosa*. Al primo complesso appartengono i depositi ghiaiosi con matrice limoso-sabbiosa, e quelli sabbiosi (FMTd) con livelli limosi.

La ricarica della falda idrica è attribuibile prevalentemente alle acque, derivanti da precipitazioni meteoriche, che si infiltrano sia in corrispondenza dei depositi alluvionali sia dei depositi sabbioso-conglomeratici plio-pleistocenici. Il *Complesso Idrogeologico pelitico-sabbioso* è costituito dai depositi plio-pleistocenici, in particolare dalle Argille Grigio Azzurre che rivestono il ruolo di acquiclude per l'acquifero sovrastante.

2.3 Caratteri geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico, il crinale di San Vito capoluogo, orientato all'incirca SSW-NNE, risulta caratterizzato, in entrambi i versanti, da accentuata acclività con pareti sub

verticali in corrispondenza degli affioramenti sabbioso-conglomeratici.

Il territorio retrostante e quello laterale al capoluogo sono caratterizzati da superfici tabulari sommitali che presentano una leggera immersione verso N e NE, intensamente coltivate, interrotte da valli molto incise e da scarpate strutturali (visibili soprattutto in prossimità della costa). Alla base delle scarpate i versanti assumono forme blandamente ondulate con notevoli accumuli di coltri eluvio-colluviali e materiali di frana.

Le condizioni geomorfologiche del territorio vengono illustrate nelle Carte Geomorfologica, della Pericolosità e del Rischio del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico “Fenomeni gravitativi e processi erosivi”, nella Carta dei Fenomeni Franosi del Progetto IFFI e in quella della Pericolosità Idraulica del Piano Stralcio Difesa Alluvioni della Regione Abruzzo, riportate di seguito.

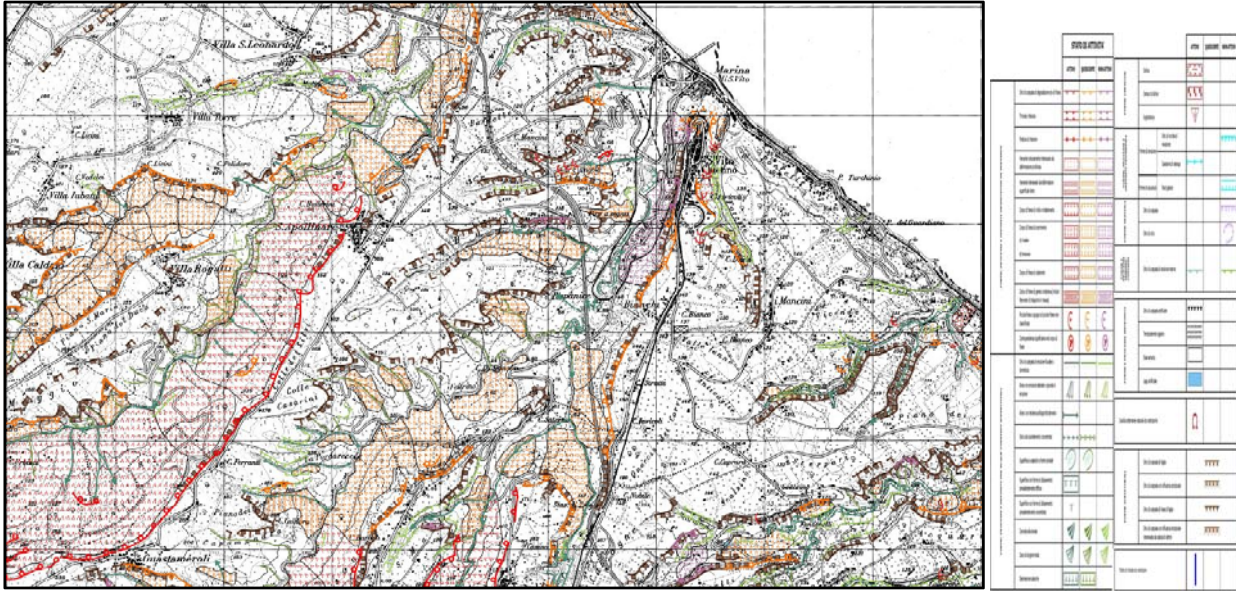


Fig.2. Stralcio e legenda Carta Geomorfologica del Piano Stralcio di Bacino (PAI).

Analizzando la Carta Geomorfologica sopra riportata e quella del Progetto IFFI si nota che il territorio mostra molte zone instabili: i versanti occidentale e orientale del centro abitato, il versante occidentale di Sant’Apollinare e tutti i versanti del T. Feltrino sono afflitti da *frane di scorrimento rotazionale attive e quiescenti e colate inattive*.

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio ha confermato sostanzialmente la tipologia e l’estensione dei movimenti franosi cartografati nel P.A.I., tranne per alcuni movimenti rotazionali attivi, di limitata estensione, che sono stati osservati sul versante orientale della Località Foreste.

Per quanto riguarda, invece, la pericolosità da scarpate è stata eseguita nel 2009, su incarico del Comune di San Vito, la corretta trasposizione negli strumenti urbanistici delle scarpate riportate

nella Carta della Pericolosità e tale trasposizione è stata riportata anche nella Carta Geologico-Tecnica a corredo della presente Microzonazione Sismica.

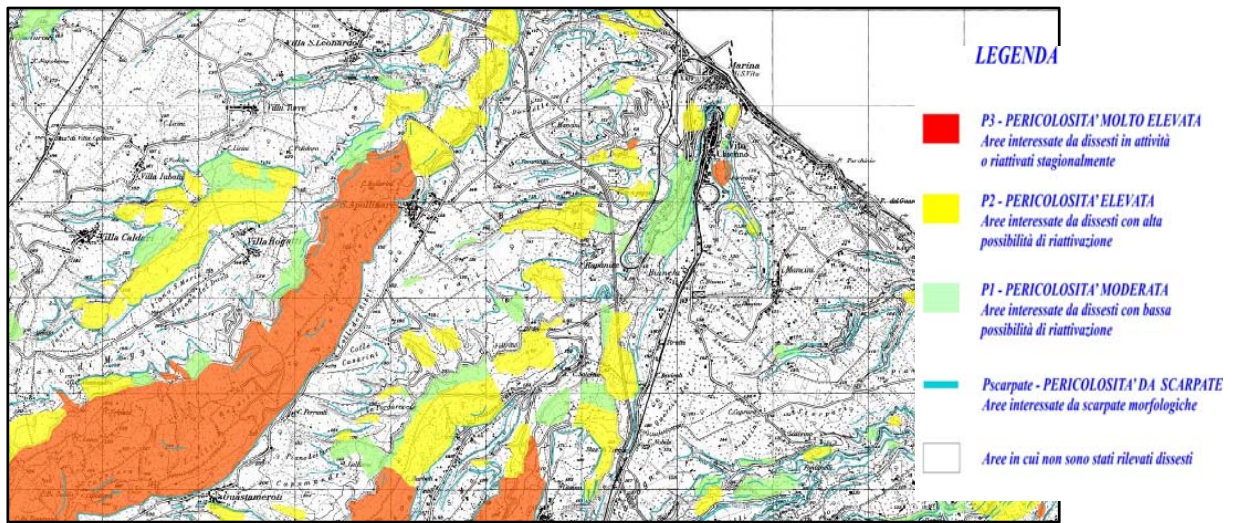


Fig.3. Stralcio Carta della Pericolosità del Piano Stralcio di Bacino (PAI).

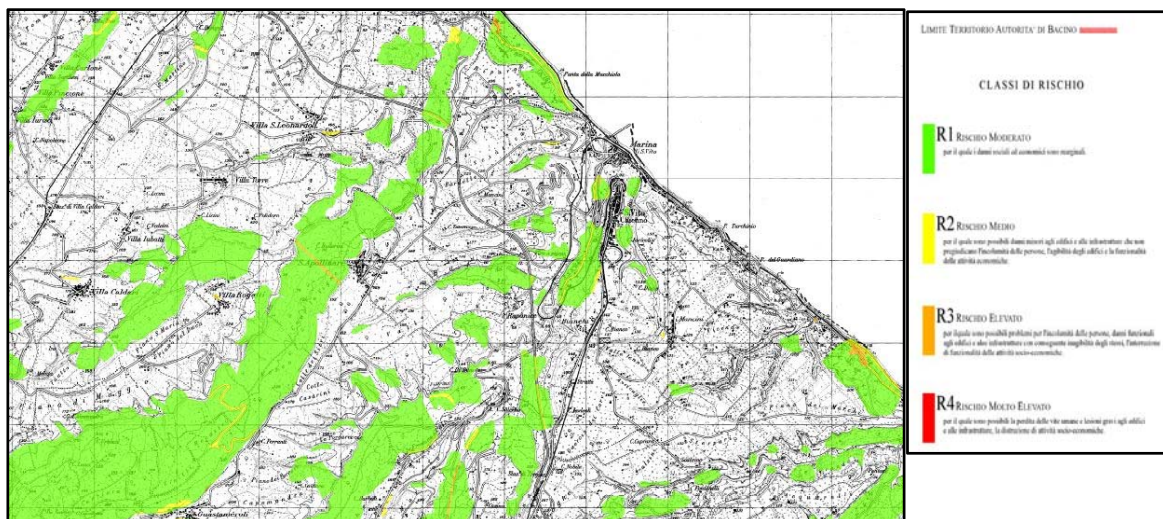


Fig.4. Stralcio Carta del Rischio del Piano Stralcio di Bacino (PAI).

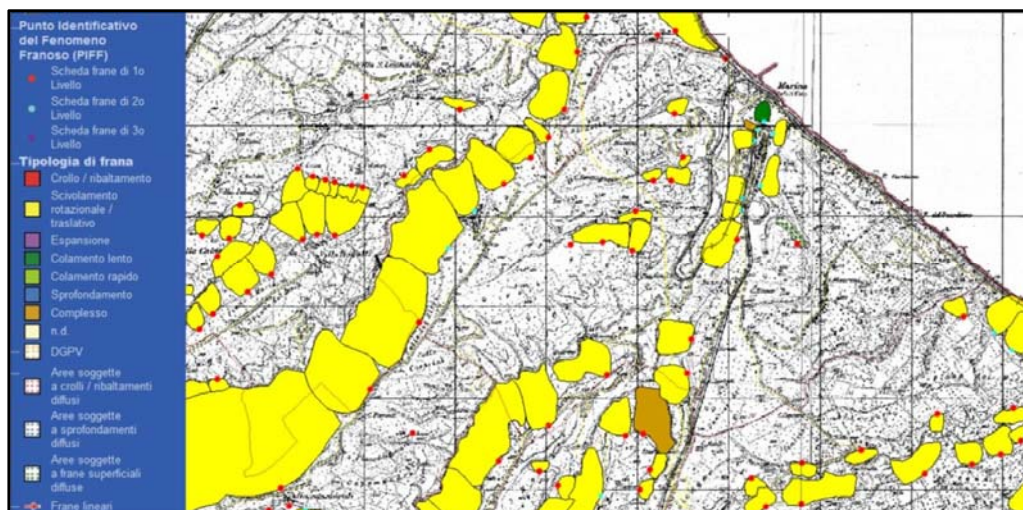


Fig.5. Stralcio Carta dei Fenomeni Franosi (Progetto IFFI).

Nell'ambito dei propri compiti istituzionali connessi alla difesa del territorio l'Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro ha disposto, ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter della Legge 18.05.1989 n. 183, anche la redazione del **Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni**, quale stralcio del Piano di Bacino, inteso come strumento di individuazione delle aree a rischio alluvionale e quindi, da sottoporre a misure di salvaguardia ma anche di delimitazione delle aree di pertinenza fluviale: il Piano è, quindi, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive) il conseguimento di un assetto fisico dell'ambito fluviale compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli, industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali

In particolare il PSDA individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica. In tali aree di pericolosità idraulica il Piano ha la finalità di evitare l'incremento dei livelli di pericolo e rischio idraulico, impedire interventi pregiudizievoli per il futuro assetto idraulico del territorio, salvaguardare e disciplinare le attività antropiche, assicurare il necessario coordinamento con il quadro normativo e con gli strumenti di pianificazione e programmazione in vigore. Le aree di pericolosità idraulica tengono conto sia di caratteristiche di tipo idrologico (valutazione delle portate con i tempi di ritorno), sia di caratteristiche del corso d'acqua di tipo idraulico (condizioni di deflusso del corso d'acqua per portate idrologiche stimate con modelli numerici).

Come si nota nella Carta della Pericolosità, riportata di seguito, nella zona alluvionale del

tratto finale del T. Feltrino sono evidenziate tutte e quattro le aree a diversa pericolosità. Quelle a pericolosità molto elevata sono aree potenzialmente inondabili in funzione delle altezze d'acqua risultanti dai profili di piena e soggette ad alluvioni frequenti con elevata probabilità di ritorno. Sono ubicate lungo l'alveo del fiume e soprattutto nella piana bassa dove il corso d'acqua assume il carattere meandriforme esaminato nel paragrafo relativo ai caratteri idraulici del corso d'acqua.

Considerando gli elementi a rischio presenti nel territorio in esame, nel PSDA è stato valutato il rischio che, nelle aree urbanizzate e in corrispondenza delle infrastrutture di servizio, comprende zone a rischio R3 (Elevato) e R4 (Molto elevato). In entrambe le zone sono possibili problemi per l'incolumità delle persone (perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone) danni agli edifici, alle infrastrutture, al patrimonio ambientale e alle attività socio-economiche.

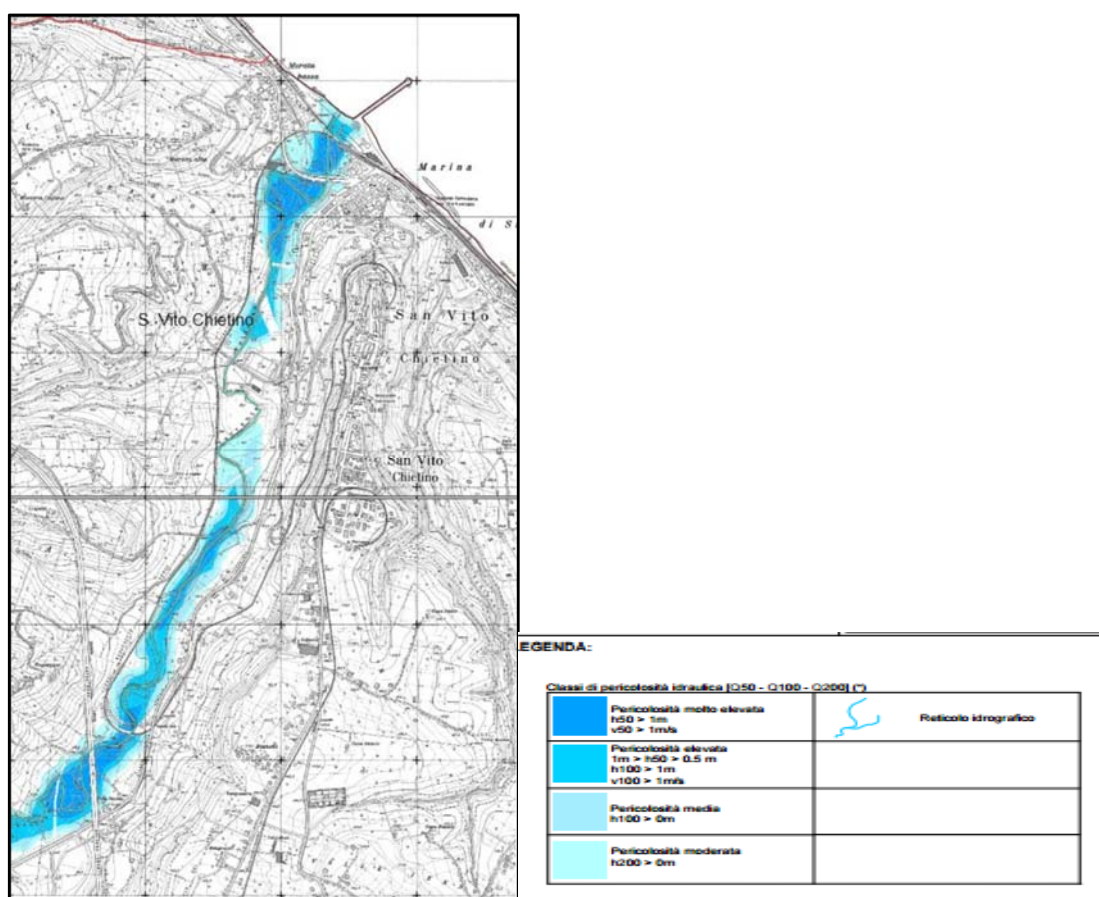


Fig.6. Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica del Piano Stralcio Difesa Alluvioni.

3.0 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità sismica può essere definita come il livello di confidenza associato ad una proposizione del tipo: *“In un futuro intervallo di tempo la località verrà interessata da almeno un evento sismico caratterizzato da un livello di scuotimento al sito”*.

Di fatto, la pericolosità esprime uno stato di incertezza sulla sismicità futura, incertezza dovuta alle incomplete conoscenze disponibili sul processo sismogenico presumibilmente responsabile dello scuotimento atteso. La pericolosità varia in funzione dei tempi di ritorno attesi per un fenomeno ed è estremamente elevata per fenomeni ricorrenti con tempi bassi o con fenomeni potenzialmente distruttivi: assume una notevole importanza per la predisposizione delle misure atte a mitigare l'effetto atteso sulle strutture come quella in esame. Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, che è funzione dell'assetto strutturale dell'area e della distanza dalle principali zone sismogenetiche, è necessario conoscere quali possano essere gli effetti cosismici che accompagnano l'evento naturale e, tra questi, la reazione del terreno in termini di amplificazione/smorzamento dell'onda sismica e la perdita o la modificazione delle sue caratteristiche statiche di resistenza.

In un generico sito la pericolosità di base deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

La “pericolosità di base” costituisce quindi, l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche: le sue attuali fonti di riferimento sono indicate nel seguito del presente paragrafo.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente e dalla morfologia della superficie (risposta sismica locale).

Attualmente si tende ad analizzare preventivamente un territorio al fine di discretizzarlo in areali in cui le condizioni strutturali e litostratigrafiche sono tali da far attendere un comportamento, nei confronti dell'ampiezza dell'onda sismica, omogeneo in termini di amplificazione o di smorzamento. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. In particolare, il parametro di pericolosità utilizzato è l'accelerazione orizzontale massima al suolo a_g , ossia quella relativa al 50^{simo} percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%.

Il Comune di San Vito è localizzato in una zona a bassa pericolosità sismica tanto che la nuova mappa classificativa prevede per il suo bedrock (o suolo rigido con $V_s > 800$ m/s) la probabilità di superamento del 10% in 50 anni di un valore convenzionale di accelerazione massima orizzontale (a_g) variabile da 0.075 a 0.100 g (Fig.7).

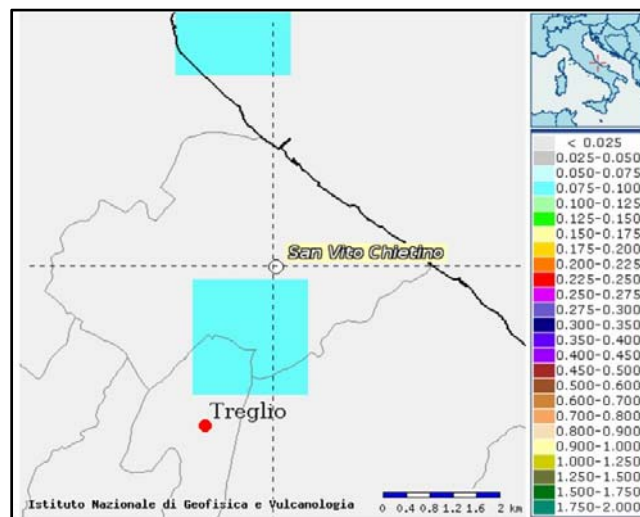


Fig.7. Mappa della mappa di pericolosità sismica (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Nella figura 8 si riporta il grafico di disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito.

La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in

MR è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati **M** ed **R**. Si vuole ricordare l'importanza dell'analisi di disaggregazione nell'ambito di uno studio dettagliato della pericolosità sismica di un sito dal momento che studi di microzonazione, analisi di liquefazione, analisi di risposta sismica locale, studi di stabilità dei versanti necessitano la conoscenza dei parametri del terremoto di scenario. I risultati riportati in questo studio, pertanto, possono risultare utili al fine di selezionare accelerogrammi per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

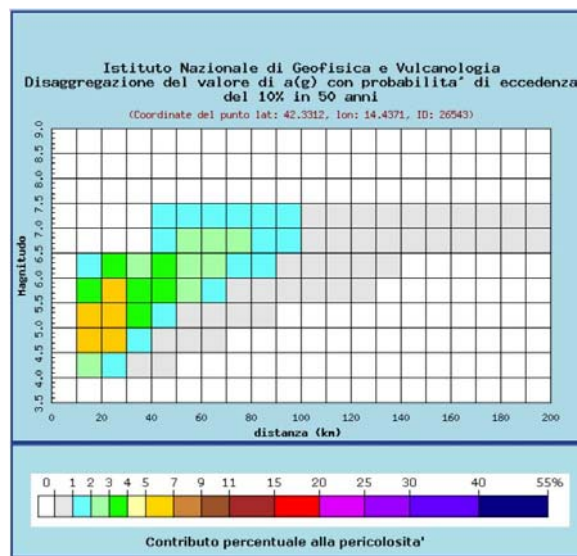


Fig.8. Grafico di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.3312, lon: 14.4371, ID: 26543)									
	Magnitudo									
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.190	5.760	5.110	3.660	1.830	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.610	5.460	6.400	5.830	3.540	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.284	1.920	3.280	3.870	2.770	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.003	0.383	1.760	3.070	3.200	1.930	1.150	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.023	0.629	2.030	2.820	2.720	1.790	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.001	0.133	1.200	2.200	2.590	1.730	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.017	0.538	1.570	2.270	1.720	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.002	0.173	1.010	1.830	1.560	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.527	1.240	1.190	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.199	0.696	0.761	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.056	0.326	0.401	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.191	0.261	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.099	0.139	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	0.066	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.043	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.028	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.019	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.870	43.900	1.460

Fig.9- Dati tabellari di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in termini di distanza epicentrale

Per valutare la pericolosità sismica di un luogo è necessario innanzitutto conoscere la sua **storia**

sismica, quindi avere una lista dei terremoti che hanno colpito la zona quanto più completa ed estesa nel tempo. Per il Comune di San Vito sono stati identificati 11 eventi dal 1881 al 2002 nel database macrosismico Italiano DBMI11 dell'INGV: l'intensità macrosismica massima osservata nel passato (7) è attribuita al terremoto dell'Abruzzo Meridionale (Orsogna) avvenuto nel 1881 e a quello di Chieti del 1882, mentre i terremoti che hanno interessato l'area sono stati soprattutto quelli del Gargano, della Maiella, dell'Appennino Abruzzese, dell'Sub-Appennino Dauno e dell'Abruzzo Costiero.

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7	1881 09 10 07:00	Abruzzo meridionale	29	8 5.59 ±0.32
7	1882 02 12	CHIETI	8	7 5.21 ±0.77
NF	1904 04 08 08:22	Gargano	32	6 4.91 ±0.42
6	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
3	1972 02 29 20:54	Adriatico meridionale	21	4.82 ±0.18
3-4	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
5	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
3-4	1992 02 18 03:30	ABRUZZO COSTIERO	73	5-6 4.27 ±0.14
3-4	2002 11 01 15:09	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09

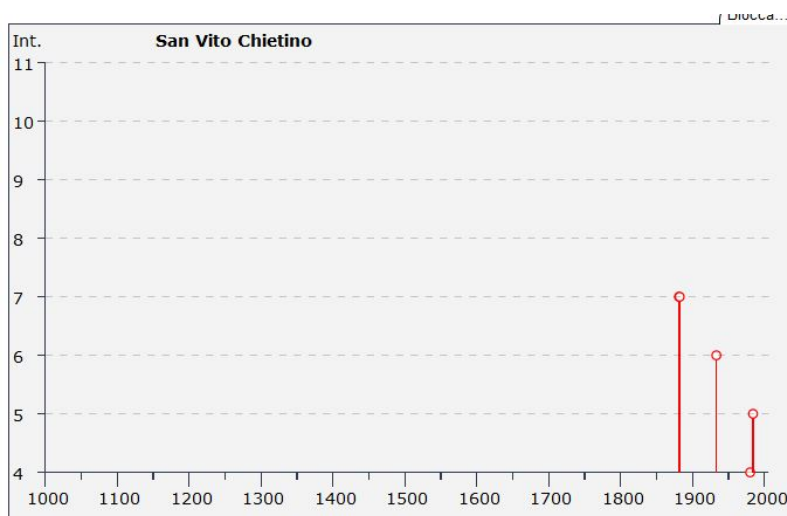


Fig 10 - Eventi e grafico illustranti la storia sismica di San Vito. Sono riportati i valori dell'intensità sismica al sito MCS (Is), numero di osservazioni macrosismiche del terremoto(Np), l'intensità massima (Ix), la magnitudo momento (Mw) (emidius.mi.ingv.it).

L'area compresa tra la Maiella e il Mare Adriatico è situata a cavallo di due zone sismotettoniche: la fascia montana esterna appenninica e la zona pedemontana adriatica. La prima include la struttura della Maiella, che è stata interessata da due terremoti distruttivi negli

ultimi 300 anni; la seconda è caratterizzata da modesta attività sismica. La sismologia storica dell'area è stata ricostruita principalmente dal gruppo di lavoro CPTI (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e le informazioni disponibili coprono un intervallo di tempo di quasi 2000 anni.

I dati di sismologia strumentale disponibili coprono l'ultimo ventennio e non ci indicano una particolare attività sismica di rilievo o concentrazioni di terremoti ben localizzate. Si sono registrati nel tempo alcuni eventi sismici di piccola magnitudo, localizzati fra la Maiella, Lanciano e la costa, in un periodo di particolare attività sismica fra febbraio e luglio 1992.

Fra i terremoti storici dell'area, quelli di maggiore rilievo sono sicuramente gli eventi sismici della Maiella del 3 novembre 1706, con intensità epicentrale (I_0) pari al IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), quelli del 10 settembre 1881 e 12 Febbraio 1882 (I_0 VIII grado MCS e VII grado MCS) e quello del 26 settembre 1933 (I_0 = VIII-IX grado MCS). La zona epicentrale dell'evento del 1706 è localizzabile nella porzione centrale della montagna della Maiella. L'evento del 1881 è noto come terremoto di Orsogna (con 10 vittime: 6 a Orsogna, 2 a Lanciano e 2 a Ortona) che provocò il massimo danneggiamento ad Orsogna (VIII grado) e Lanciano (VII-VIII grado) ed interessò una vasta area, compresa fra le pendici orientali della Maiella (Guardiagrele) e la costa adriatica (Ortona), con risentimenti pari al VII grado. Il terremoto successivo del 1882 determinò anch'esso una vasta area di VII grado, compresa fra Castel Frentano-Orsogna-Lanciano e Chieti e la costa adriatica.

Particolare importanza per la vicinanza all'area in esame (intensità a San Vito pari a 6) è stato anche l'evento del 26 settembre 1933 che colpì principalmente le località sul fronte orientale della Maiella, con un totale di solo 12 vittime, nonostante i numerosi crolli, poiché la maggior parte della popolazione aveva lasciato le case per le scosse che avevano preceduto quella principale.

Intensità pari a 5 ha avuto nel territorio in esame la sequenza sismica più significativa verificatasi negli ultimi trenta anni, quella della Valcomino-Val di Sangro del maggio 1984 che danneggiò gravemente 9 paesi. La scossa principale, avvenuta il 7 maggio (M_w 5.9, NEIS), fu seguita da intensa attività sismica, inclusa la forte replica dell'11 maggio (M_w 5.5, NEIS). I meccanismi focali (database CMT) di queste due scosse sono simili tra loro ed indicano soluzioni prevalentemente normali. In particolare, gli assi estensionali (assi T) sono suborizzontali e orientati circa $N60^\circ E$ (PACE ET AL., 2002), in accordo con la direzione media SW-NE dei processi estensionali attivi lungo l'Appennino centro-meridionale. La genesi di questi

ultimi è, quindi, riconducibile ad una tettonica estensionale, che ha la sua espressione in superficie nei sistemi di faglie normali che bordano i bacini sintettonici quaternari e spesso dislocano morfologie e depositi di età tardo quaternaria (Barchi et alii, 2000).

Come per gli eventi della Maiella, anche per i terremoti del 1881 e 1882 non si dispone di informazioni sulle caratteristiche delle strutture tettoniche che li hanno originati. I rilevamenti geologici nell'ambito del progetto CARG non offrono informazioni conclusive al riguardo. Infatti, non sono presenti strutture tettoniche di superficie di importanza rilevante ad attività recente ma solo faglie minori. Certamente, la presenza di questi terremoti è indicativa di una tettonica attiva e le strutture sismogenetiche potrebbero essere localizzate in profondità, al di sotto delle unità plio-quaternarie della formazione di Mutignano.

Il territorio comunale in esame risulta esterno alle province sismotettoniche, definite come ampi domini strutturali, omogenei in termini di tettonica attiva, e, quindi, con un omogeneo potenziale sismogenetico, riportate nello "Studio della Pericolosità Sismica dell'Abruzzo" (LAVECCHIA ET AL., 2006), e non compreso nelle sorgenti sismogenetiche del progetto DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*) dell'INGV.

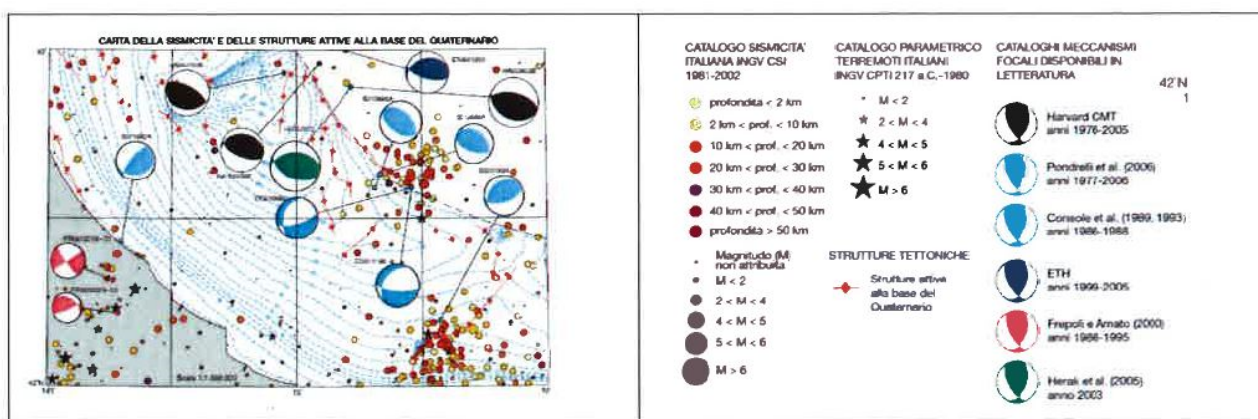


Fig 11 – Carta della Sismicità e delle strutture attive alla base del Quaternario – Zona di Pescara.

Tuttavia, dal precedente stralcio della Carta della Sismicità e delle strutture attive alla base del Quaternario, si evidenzia che nella zona i terremoti più frequenti hanno presentato una Magnitudo compresa tra 4 e 5.

4.0 DATI GEOGNOSTICI, GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE

INDAGINI

I dati di base disponibili sono rappresentati da indagini eseguite sia dall'Amministrazione Comunale sia da privati per i progetti di nuove edificazioni e ristrutturazioni.

Le indagini consultate sono risultate sufficienti per una prima caratterizzazione geotecnica e sismica dell'area e la loro ubicazione è riportata nella Carta delle Indagini, in cui sono state riportate anche le tracce delle sezioni geologiche utili a prime considerazioni sulla pericolosità sismica locale. Inoltre, così come suggerito dalle linee guida regionali, sono state cartografate le aree in cui si ritiene debbano essere effettuate ulteriori indagini geognostiche e geofisiche.

Sono state reperite **indagini geognostiche** consistenti in *n. 41 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, n. 31 prove penetrometriche dinamiche in foro di sondaggio (SPT), prove di laboratorio su campioni di terreno indisturbato, n. 4 prove penetrometriche statiche (CPT), n. 6 prove penetrometriche dinamiche (DPM e DPSH).*

I **sondaggi geognostici** sono ubicati soprattutto nell'abitato capoluogo, in Località Foresta, in Località Marina e lungo la zona costiera, mentre sono assenti nelle zone rurali circostanti: si tratta di sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo eseguiti con il sistema a rotazione con perforazione a secco ed uso di carotiere semplice.

Si tratta generalmente di sondaggi corti, di profondità massima di 30 m dal piano campagna, che hanno intercettato il substrato geologico non rigido rappresentato, nella parte collinare del territorio, soprattutto dalla Formazione di Mutignano e del ciottolame poligenico della chiusura del ciclo marino regressivo.

Le prove penetrometriche statiche continue (CPT) si basano sulla misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno. Lo sforzo per la penetrazione viene applicato per mezzo di un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

E' stata usata una punta meccanica tipo "Begeman" con manicotto avente le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono = 35.7 mm
- angolo di apertura del cono = 60°
- area della punta = 10 cm².

Il manicotto ha superficie laterale di 150 cm², le aste cave hanno diametro esterno di 36 mm. Sulle aste è stato installato un anello allargatore a 0.80 m dalla punta, per diminuire l'attrito del terreno lungo la batteria e facilitare l'approfondimento.

Il dispositivo di spinta è costituito da sistema idraulico che esercita sulla batteria di aste cave una spinta di 200 KN; la penetrazione della batteria avviene a velocità costante di 2 cm/sec, indipendentemente dalla resistenza opposta dal terreno.

Quest'ultima è stata rilevata mediante una cella di carico elettronica; nei diagrammi e nelle tabelle allegati sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture della cella di carico durante l'infissione dello strumento):

R_p (kg/cm²) = resistenza alla punta

R_l (Kg/cm²) = resistenza laterale

con le resistenze, alla punta (R_p) e laterale (R_l), rilevate ad intervalli regolari ogni 20 cm. La macchina operatrice è stata ancorata al terreno tramite elicoidi infissi a rotazione che non hanno permesso movimenti rispetto al piano di lavoro durante l'infissione.

Le prove penetrometriche dinamiche (DPSH e DPM), utilizzate per la caratterizzazione dei terreni granulari, consistono nel determinare il numero di colpi necessari ad infiggere una punta conica nel terreno per successive profondità costanti, utilizzando metodologie ed attrezzature standardizzate. Un oggetto conico infisso mediante battute successive incontra, durante la penetrazione, una resistenza che è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo ed è direttamente proporzionale al numero di colpi (N) per una data penetrazione. Se il mezzo attraversato è il terreno, questa resistenza dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e pertanto, per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato di addensamento dei granuli, mentre, per i terreni coesivi dipende dal contenuto di umidità naturale.

L'attrezzatura usata ha le seguenti caratteristiche tecniche:

<i>Caratteristiche Penetrometro</i>		<i>Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH)</i>	<i>Penetrometro dinamico DPL</i>
peso massa battente	M	63,50 Kg	30,00 Kg
altezza caduta libera	H	0,75 m	0,20 m
peso sistema di battuta	Ms	0,63 Kg	2,50 Kg
diametro punta conica	D	51,00 mm	35,70 mm
area base punta conica	A	20,43 cm ²	10,00 cm ²
angolo apertura punta	ϕ	90°	60°
lunghezza delle aste	La	1,00 m	1,00 m
peso aste per metro	Ma	6,31 Kg	2,40 Kg
avanzamento punta	D	0,20 m	0,10 m

Il parametro caratteristico dello stato di addensamento ottenibile con l'attrezzatura descritta è la R_d (resistenza di rottura dinamica alla punta) ricavabile con la formula degli olandesi:

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M + P)] = M^2 H N / [A \delta (M + P)]$$

nella quale “e” rappresenta l’affondamento in cm della punta per ogni caduta del maglio, P il peso totale aste e sistema di battuta e gli altri simboli hanno il significato e i valori sopra indicati.

Tali prove hanno permesso di caratterizzare geotecnicamente i depositi più superficiali, perché generalmente la loro profondità si attesta sui 5 m, ma non supera i 10 m.

Nel centro abitato del capoluogo hanno permesso di caratterizzare i depositi sabbiosi e la formazione del ciottolame poligenico che presenta, superiormente, terreni coesivi di natura limo-argillosa.

Le informazioni derivanti dalle indagini geotecniche in sito sono state integrate con quelli derivanti dalla consultazione delle indagini geofisiche eseguite dalla LABORTEC C.S.M. per la realizzazione del Villaggio Turistico San Vito Resort Village in Località Foreste.

Esse consistono di n. 6 indagini elettriche tomografiche (ERT), n. 6 indagini sismiche a rifrazione, n. 3 indagini sismiche in foro con metodo Down Hole; n. 12 indagini sismiche passive (a stazione singola).

Le misure **di microtremori sismici HVSR** sono quindi 29 (n. 14 misure sono derivate da precedenti lavori), e sono state ubicate in maniera tale da coprire l’intera area e posizionate in corrispondenza delle microzone individuate, così come illustrato nelle linee guida regionali.

Per il calcolo dei rapporti spettrali H/V da “noise” sismico si sono utilizzati i dati desunti dal tromografo digitale portatile progettato specificatamente per l’acquisizione del rumore sismico (Tromino, Micromed SpA, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz poichè adoperato a fini litostratigrafici.

I dati registrati sono stati elaborati mediante il software dedicato (Grilla) che opera il trattamento matematico e l’analisi spettrale del segnale. Per l’elaborazione dei dati è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale.

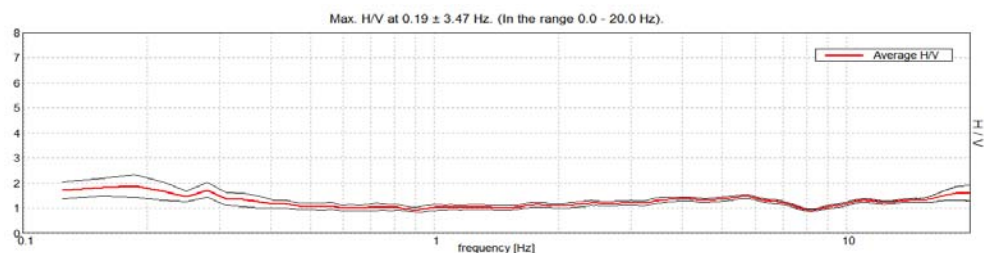
Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta i rapporti

spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. Le misure in campo libero (free field) sono state effettuate posizionando lo strumento su terreni naturali ed orientandolo verso il nord geografico: l'acquisizione ha avuto la durata di 20 min e non ha subito l'influenza di sollecitazioni esterne derivanti da forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze.

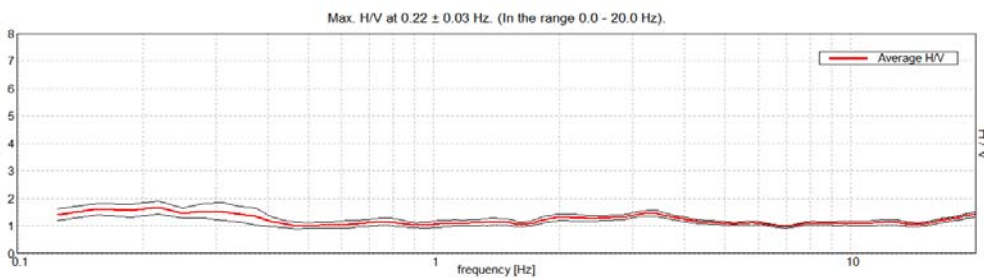
Dalle misure ritenute di buona qualità ed elaborate secondo i criteri generali riportati negli ICMS(2008) che soddisfano i criteri SESAME (2005), sono state individuate le frequenze di risonanza del sito.

Tenendo presente che le misure H/V hanno lo scopo di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica dando indicazioni sulle frequenze interessate dal fenomeno, di seguito si riportano i grafici H/V per ogni singola stazione, analizzando ognuno nel contesto geologico di riferimento.

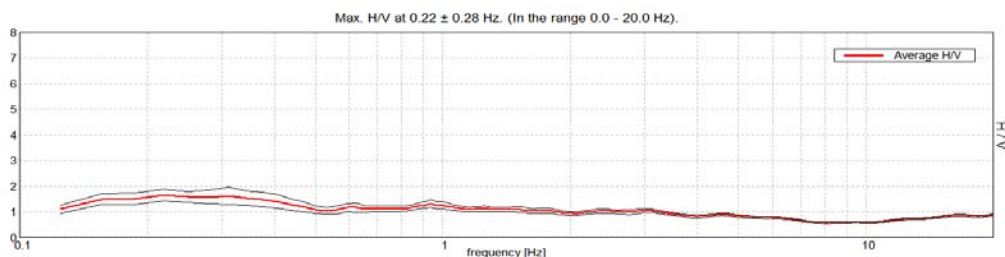
HVSR 47- Statale Adriatica - km 82



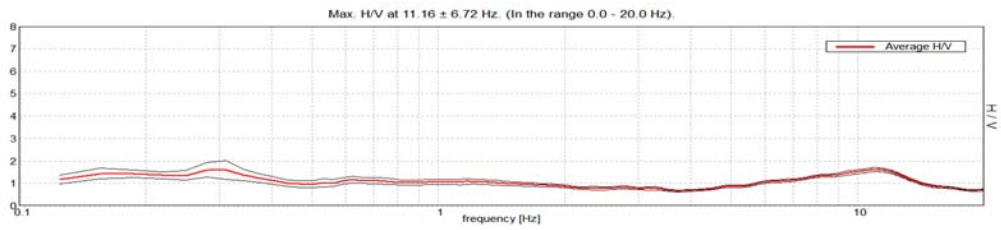
HVSR 48 - Statale Adriatica - P. del Guardiano



HVSR 49 - Marina di San Vito

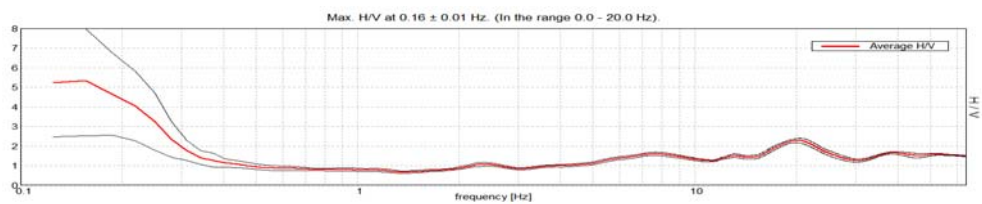


HVSR 50 - T. Feltrino - Marina di San Vito

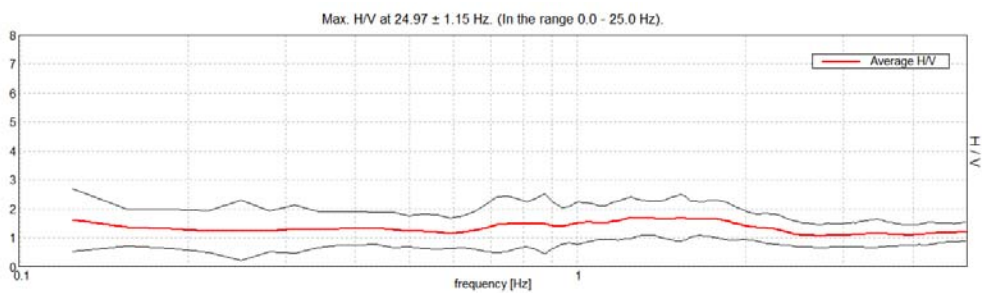


Le misure sono state condotte nella zona costiera, dalla località Canale a SE a Marina di San Vito a NW, in zone caratterizzate da depositi eluvio-colluviali, di spiaggia e alluvionali attuali: le curve appaiono piatte e non mostrano contrasti di impedenza sufficientemente marcati.

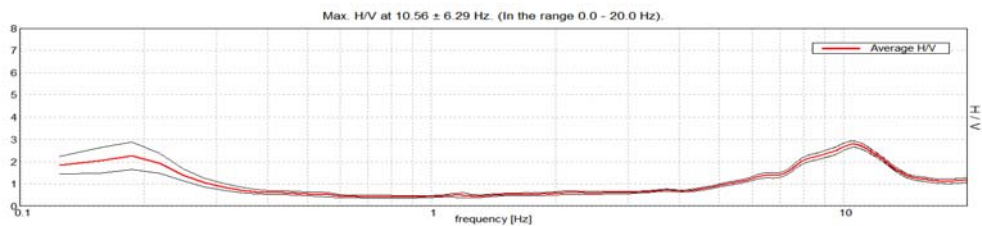
HVSR 51 – Località Murata Alta



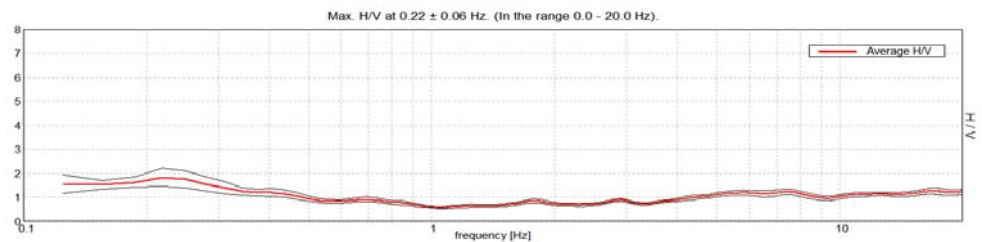
HVSR 60 – Murata Alta



HVSR 52 – S. Apollinare

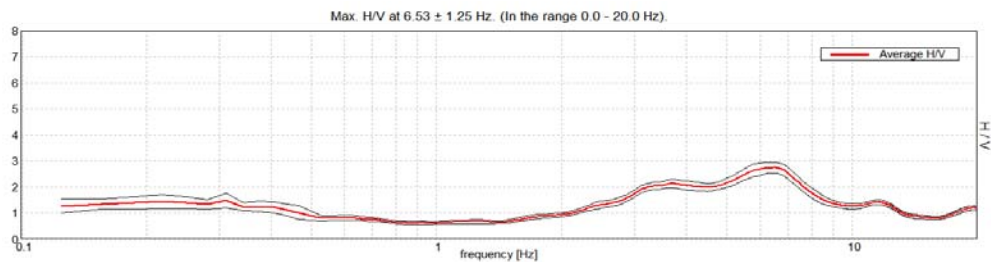


HVSR 53 – S. Apollinare Località Cimtero

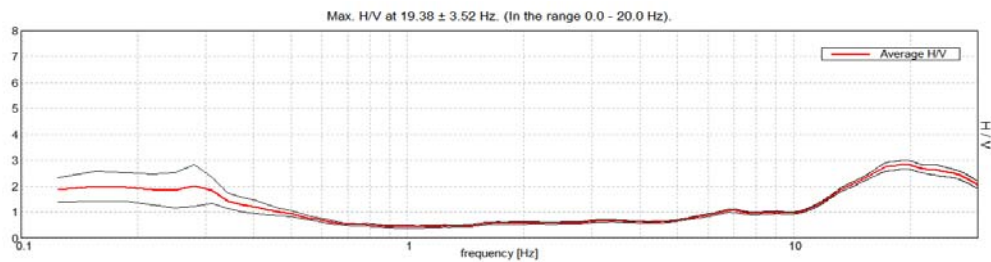


Queste misure, ubicate nelle parti sommitali delle località Murata Alta e S. Apollinare, ad ovest e a nord ovest del capoluogo, sono state rilevate in zone in cui le indagini geognostiche e il rilevamento geologico hanno messo in evidenza la presenza della formazione di Argille e Conglomerati di Ripa Teatina. Le curve HVSr 51 e 52 permettono di identificare un solo picco di risonanza significativo (F_0 di circa 11 Hz), probabilmente ascrivibile all'interfaccia tra le sabbie e le ghiaie sabbiose presenti alla profondità di circa 10.0 m dal piano campagna. Le altre curve non mostrano picchi statisticamente significativi nell'intervallo di frequenze di interesse stratigrafico.

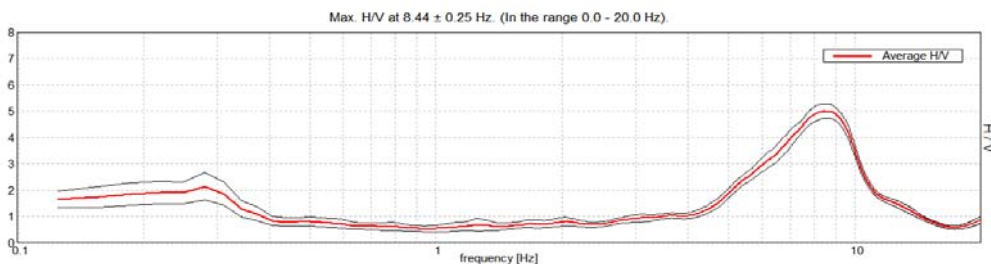
HVSr 54 – Località Mancini



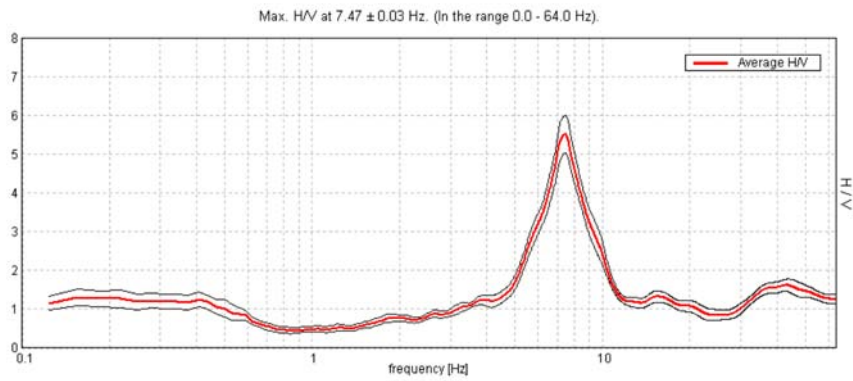
HVSr 55 – Capoluogo - San Rocco



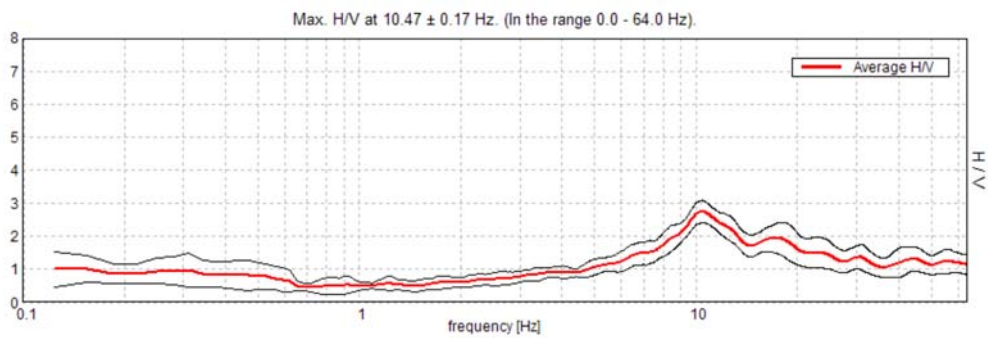
HVSr 56 – Capoluogo – Quercia dei Corvi



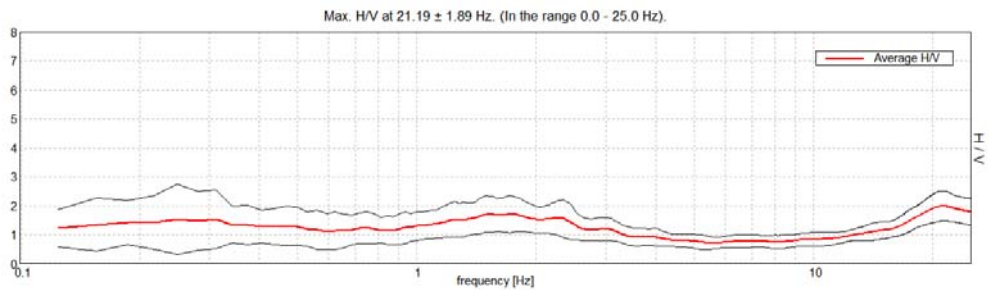
HVSR24 – Capoluogo



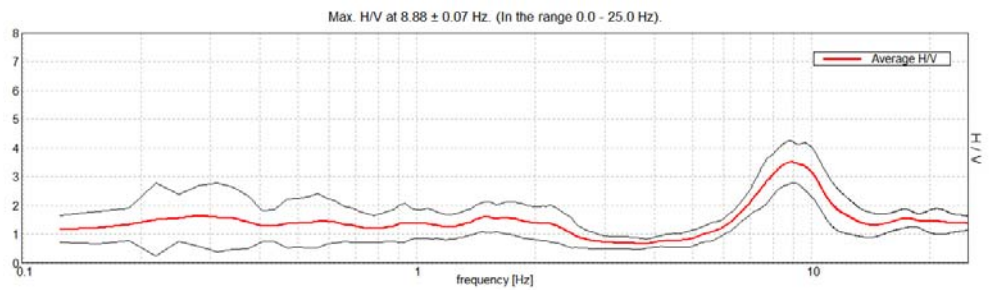
HVSR 29 – Capoluogo – Falegnameria Mancini



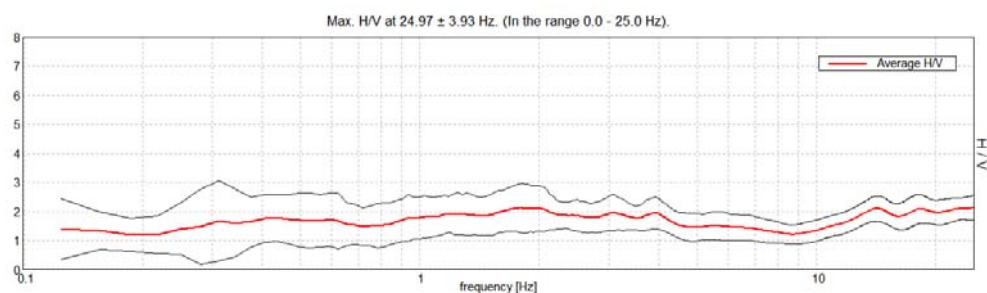
HVSR 57- S.S. Frentana n.84



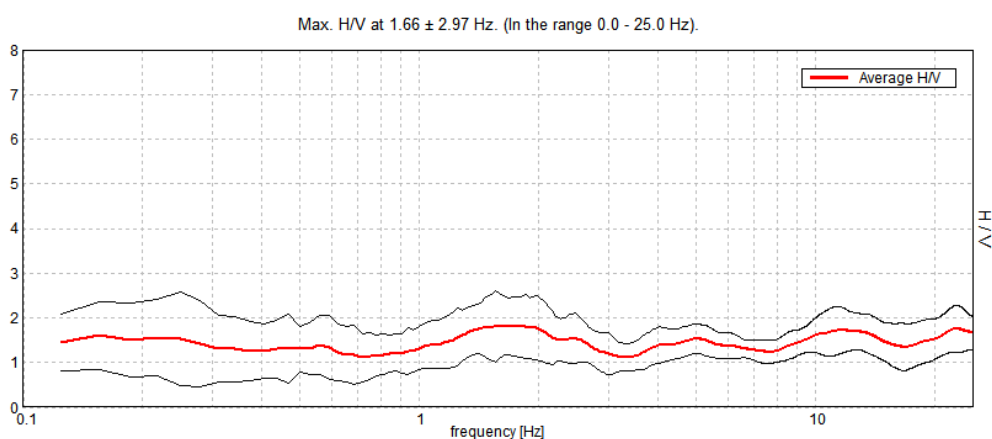
HVSR 58 - Foreste



HVSR 59- Rio Fontana



HVSR 61- Capoluogo - Cimitero



Le curve sopra riportate derivano da misure ubicate nella parte sommitale del centro abitato e ad Est di esso, in Località Mancini, in una zona in cui le indagini mettono in evidenza depositi della Formazione di Mutignano (FMTd) e della Formazione delle Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT). Le curve HVSR 24, 54, 56 e 58 mostrano un solo picco significativo con frequenza di risonanza di 6 Hz e 8 Hz dai quali si può stimare uno spessore dei depositi ghiaiosi variabile da 5 a 15 m, in accordo con quanto riscontrato nei sondaggi geognostici eseguiti nella stessa zona.

5.0 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica, contenente informazioni geologiche, geomorfologiche, litotecniche ed idrogeologiche derivanti da rilievi diretti, è uno strumento di fondamentale importanza per la determinazione del modello del sottosuolo e delle zone omogenee in prospettiva sismica. Nel presente paragrafo, quindi, verranno analizzate dapprima le Unità Geologiche (U.G.) e quindi le Unità Litotecniche (U.L.) alle quali verranno sovrapposti gli elementi tettonico-strutturali, geomorfologici ed idrogeologici.

5.1 Unità Geologiche

I litotipi presenti in affioramento possono essere distinti in due tipologie: nelle zone sommitali (Capoluogo, Mancini, Foreste, S. Apollinare, ecc.) affiorano depositi terrigeni della successione marina del Pleistocene ricoperti, sui versanti, da depositi eluvio-colluviali, mentre nella parte valliva (piana alluvionale del T. Feltrino) sono presenti depositi continentali (alluvionali attuali e recenti).

Per la datazione e le caratteristiche delle formazioni presenti si è fatto riferimento alla successione marina del Pliocene Superiore – Pleistocene descritta nelle Note della Carta Geologica d'Italia ISPRA a scala 1:50000 – Foglio 372 Vasto a cura di F. Calamita, T. Piacentini, A. Pizzi, G. Rusciadelli, F. Trincardi - Roma, 2011 e del foglio 361 CHIETI a cura di U. Crescenti – Roma rappresentata dalla Formazione di Mutignano (FMT), i cui termini litologici sono riferibili ad ambienti che vanno dall'offshore allo shoreface. La loro organizzazione verticale individua una fase di progradazione degli ambienti deposizionali verso le aree bacinali con tendenza al colmamento del depocentro plio-pleistocenico. Al di sopra è presente, con marcata discordanza erosiva, la formazione delle Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT) formata da conglomerati poligenici eterometrici fino alla dimensione dei blocchi da sub angolari ad arrotondati in strati da sottili a molto spessi.

Un contributo molto importante alla conoscenza della zona sono stati i rilevamenti geologici e geomorfologici, gli studi geotecnici, idrogeologici e le indagini geognostiche per il progetto esecutivo della variante a doppio binario della linea ferroviaria Ancona-Bari tra le stazioni di Ortona e Casalbordino eseguiti tra il 1985 e il 1991. La variante, lunga circa 26 km, comprende 4 gallerie: Moro (2061 m), Cintioni (2088 m), S. Giovanni (9310 m) e Diavolo (5200 m) per un totale di circa 18,7 km. Nel 1999 è stato studiato anche il progetto esecutivo per il raddoppio

della galleria di Ortona (circa 510 m). Il complesso delle indagini di superficie, svolte da U. Chiocchini con rilevamento geologico e geomorfologico in scala 1: 5000, e nel sottosuolo a cura delle Ferrovie dello Stato e del Consorzio Vianini-Porto Torre mediante 140 perforazioni di sondaggio, è stato compendiato in alcuni lavori (CHIOCCHINI & GIORELLI, 1994; CHIOCCHINI ET ALII, 1994; 1996; 2000).

In accordo con tali studi, il rilevamento geologico da noi effettuato e la consultazione dei sondaggi forniti dall'Amministrazione Comunale hanno permesso di individuare n. 2 unità geologiche di origine marina e n. 5 di origine continentale, le cui caratteristiche principali, rilevate sul terreno, vengono di seguito descritte, dal più antico al più recente.

5.1.1 Unità Geologiche Marine (U.G.M.)

1. **Associazione pelitico-sabbiosa (FMTa)** – Affiora lungo il corso del T. Feltrino e alla base dei versanti incisi dai Fossi S. Angelo e del Gallo, ad ovest del Capoluogo, e segue in continuità stratigrafica, e senza apprezzabili variazioni litologiche, la formazione attribuita al Pliocene in quanto, dal punto di vista litologico, si tratta di argille ed argille più o meno marnose, variamente siltose, generalmente micacee, a luoghi con frustoli carboniosi, di colore prevalentemente grigio scuro. La correlazione con le litologie affioranti nel vicino Foglio 372 Vasto del CARG ha permesso di attribuire tale unità al termine stratigrafico più basso della Formazione di Mutignano (FMTa) (F. Calamita, T. Piacentini, A. Pizzi, G. Rusciadelli, F. Trincardi – Roma, 2011). Secondo tali autori, il limite con la formazione sovrastante è segnato dalla presenza di argille marnose con incremento del contenuto in sabbia e con concentrazioni di frammenti di pectinidi e molluschi ed è costituita da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, compatte, spesso a frattura concoide, con intercalazioni di livelli sottili di sabbie gialle e di sabbie limose. Tali intercalazioni sabbiose possono presentare laminazione piano-parallela e incrociata. Lo spessore affiorante della litofacies è valutabile in almeno 200 m. L'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa) è di età riferibile al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011). Dalle osservazioni litologiche e giaciture effettuate negli scavi delle gallerie ferroviarie (Cintioni ed altre) risulta che l'unità è costituita da peliti più o meno sabbiose, con intercalazioni di strati medi, sottili e molto sottili di sabbie fini di colore grigio che immergono verso ENE di 7°.

2. **Associazione sabbioso-conglomeratica (FMTd):** affiora estesamente al di sotto del centro storico di San Vito fino alle falesie marine, generalmente al disotto della Formazione Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT) che la ricopre lungo una superficie inconforme blandamente immergente verso N-NE. I massimi spessori in affioramento (circa 50 m) si osservano nella porzione costiera dell'area. La discordanza al tetto è spesso caratterizzata da geometrie canalizzate, mentre la base, a geometria prevalentemente tabulare è in concordanza o paraconcordanza con la sottostante associazione pelitica. Si tratta di sabbie da poco a scarsamente cementate da fini a molto grossolane, generalmente ben classate, di colore giallastro, frequentemente bioturbate, in strati da fini a medio-spessi che generalmente si seguono con notevole continuità laterale lungo le scarpate di erosione selettiva. A queste sabbie si intercalano livelli di ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli decimetrici e anche pluri-decimetrici, in prevalenza calcarei o silicei. L'età è riferibile al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).

5.1.2 Unità Geologiche Continentali e di Transizione (U.G.C.)

1. **Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT):** si tratta di ciottolame poligenico, di dimensioni variabili, con lenti di sabbie giallastre e di argille grigio-verdognole, sciolto o debolmente cementato fino a puddinga, grossolonomente stratificato, generalmente ferrettizzato e più o meno elaborato da azioni eluviali. La facies è variabile da fluvio-deltizia a litorale. Questi sedimenti clastici grossolani mostrano una facies di ambiente marino, anche se litorale, che va progressivamente assumendo un aspetto sempre più marcatamente continentale. Tali depositi rappresentano la chiusura del ciclo di sedimentazione calabriana. Nella parte basale sono presenti puddinghe più o meno cementate con lenti di sabbie e di argille sabbiose. Gli elementi clastici, generalmente ben arrotondati sono costituiti principalmente da calcari, brecciole, arenarie silicee, selce e, in misura subordinata, da rocce cristalline. Il grado di cementazione va man mano diminuendo e si passa a ciottolame più appiattito, debolmente cementato o addirittura sciolto, generalmente ferrettizzato e più o meno elaborato da azioni eluviali. Entro tale ciottolame si rinvencono noduli di calcare concrezionate bianco e crostoni evaporitici teneri, bianco-giallognoli. Nelle lenti argilloso-sabbiose, presenti nella parte basale, si rinvencono rari e poco significativi elementi microfaunistici, in prevalenza rimaneggiati. La stratificazione è,

generalmente, indistinta e lo spessore varia tra 10 e 15 m. Questa facies affiora, più o meno estesamente, nelle zone sommitali della dorsale di San Vito ma soprattutto nelle vaste superfici pianeggianti di Mancini, S. Apollinare, ecc. e l'età è riferibile al Pleistocene medio p.p. (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).

2. **Depositi alluvionali attuali (All)** - depositi alluvionali attuali, di golena o di alvei abbandonati: sono costituiti in prevalenza da ghiaie sabbiose in matrice limoso-sabbiosa e da sabbie limose. Lo spessore è limitato e si aggira sui 10-15 m. Età: Olocene ((F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).
3. **Depositi di spiaggia (Spi)** - costituiti da sabbie a granulometria medio-fine, sciolte ed addensate; in prossimità delle foci fluviali si presentano ghiaiosi con ciottoli eterometrici di forma discoidale da arrotondati e sub arrotondati. La deposizione è avvenuta in ambiente costiero di mare basso e di transizione, durante una fase in cui predominava una tendenza regressiva, di abbassamento del livello marino; in queste condizioni si verificava un'intensa erosione delle terre emerse ad opera dei corsi d'acqua e la conseguente deposizione di sedimenti a granulometria più grossolana. In ambiente subaereo hanno agito, da una parte meccanismi erosivi che hanno causato in alcune zone il pressoché totale smantellamento dei depositi grossolani sommitali, dall'altra, lungo il corso dei fiumi, meccanismi di deposizione di sedimenti prevalentemente a granulometria fina. I depositi suddetti hanno spessore di una decina di metri e poggiano, con contatto erosivo e discordanza angolare, sui litotipi prevalentemente argillosi di ambiente marino profondo. Età: Olocene (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).
4. **Depositi eluvio-colluviali (Col)** – costituiti da limi, argille e sabbie limose, con colorazioni dall'avana al bruno-rossiccio, con frequenti concrezioni calcaree biancastre. Sono caratterizzati da struttura interna generalmente massiva e costituiscono il prodotto di alterazione dei depositi pelitico-sabbiosi della successione terrigena. Il limite inferiore è costituito da sfumature di colore con la sottostante successione pelitica. In base alle indagini geognostiche presentano uno spessore variabile da 3 a 12 m, e risultano ubicati soprattutto nell'area di raccordo con il fondovalle del Feltrino e lungo le vallecole dei fossi. Età: Olocene (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).

5. **Depositi di frana (Fra)** - depositi originati dal movimento del terreno a causa della gravità secondo cinematismi variabili quali scorrimenti, colamento, etc. Sono costituiti da limi argillosi e sabbie limose, sono disposti in modo caotico e derivano dal disfacimento dei sovrastanti litotipi affioranti. Età: Olocene. (F. CALAMITA, T. PIACENTINI, A. PIZZI, G. RUSCIADELLI, F. TRINCARDI-ROMA, 2011).

5.1.3 Elementi tettonico-strutturali

Le esplorazioni profonde dell'Agip hanno messo in luce nel sottosuolo la presenza del substrato geologico plio-pleistocenico, prevalentemente argilloso-sabbioso, che nella zona in esame ha uno spessore di circa 2424 m e poggia in continuità di sedimentazione sulla serie miocenica e cretacea senza presenza di sedimenti alloctoni.

Nel complesso, quindi, la zona comprende la successione plio-pleistocenica del bacino periadriatico ubicata pochi chilometri ad E del fronte sepolto delle unità alloctone derivanti dal bacino lagonegrese-molisano (MOSTARDINI & MERLINI, 1986). A partire dal Pliocene medio la fascia compresa tra il bordo orientale della catena appenninica e la costa adriatica, in precedenza soggetta a subsidenza differenziata, si è sollevata con entità variabile da circa 550 m lungo il bordo appenninico a circa 130-30 m verso la costa adriatica (DRAMIS, 1992). Tutta la fascia compresa tra Pescara e Casalbordino è stata soggetta a forte abbassamento durante il Pleistocene inferiore, mentre dal Pleistocene inferiore e/o medio si è verificato un intenso sollevamento (CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, 1987).

Tale sollevamento ha causato il basculamento dei sedimenti clastici plio-pleistocenici verso Nord e verso ESE. Le evidenze di questi movimenti sono testimoniate sia da elementi geologici (giaciture degli strati; asimmetria dei depositi alluvionali lungo i corsi d'acqua, ecc.) sia morfologici (valli e reticoli fluviali asimmetrici; terrazzi sia marini che fluviali, ecc.).

Le deformazioni principali in questo tratto di avanfossa sono rappresentate essenzialmente da faglie normali trasversali (SW-NE) ubicate in corrispondenza di alcuni corsi d'acqua principali (F. Pescara, F. Foro, T. Moro, T. Feltrino, F. Sangro, F. Osento, F. Sinello) e nel Mare Adriatico. Effetti dell'attività tettonica è anche la discordanza angolare di circa 7° tra i depositi sabbiosi e i sottostanti depositi pelitico-sabbiosi.

5.2 Unità Litotecniche

5.2.1 Substrato geologico non rigido

FMT_a – Unità litotecnica coesiva sovraconsolidata - D

Durante lo scavo delle gallerie ferroviarie sono stati individuati i sedimenti pelitici che affiorano alla base dei versanti occidentali dell'abitato incisi dal fosso S. Angelo e Fosso del Gallo: si tratta delle Argille plio-pleistoceniche formate da argille ed argille marnose di colore grigio-azzurro, a frattura concoide, che possono essere definite come argille sovraconsolidate ed argille più o meno marnose, variamente siltose, generalmente micacee, a luoghi con frustoli carboniosi, di colore prevalentemente grigio scuro. Analisi granulometriche su numerosi campioni indicano che si tratta di limi argillosi. Le peliti contengono resti vegetali con diverso grado di conservazione fino a carbonioso: nello scavo della galleria S. Giovanni è stato rinvenuto un frammento ben conservato lungo circa 50 cm di *Taxus baccata*. Analisi mineralogiche su alcuni campioni di peliti indicano che la composizione principale comprende quarzo (12%- 23%), feldspati (7%-14%), calcite (26%-35%), dolomite (3%-14%), fillosilicati e minerali argillosi (14%-52%). I minerali della frazione argillosa inferiore a 2 micron sono rappresentati da montomorillonite (20%-25%), clorite (10%-15%), clorite-vermiculite (10%), illite-montomorillonite (5%-15%), illite (15%-20%), caolinite (25%-35%). Da tale composizione risulta che i minerali espandibili rappresentano dal 5% al 17%.

In base a tali caratteristiche, la Formazione delle Argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche è stata inserita nell'Unità Litotecnica D in quanto assimilabile ad unità litotecnica coesiva sovraconsolidata.

FMT_d - Unità litotecnica granulare non cementata – E5Ic

E' costituita da sabbie gialle medio-fini, più raramente grossolane, e mostrano un'alternanza di strati da medi a spessi con lamine piane e/o inclinate a basso angolo e omogeneizzati per bioturbazione evidenziata da gallerie di *Cylindrites*. Le giaciture, non sempre osservabili, sono orizzontali. Vi si intercalano, con contatti inconformi e geometrie lenticolari, depositi conglomeratici con associate peliti verdi di ambiente fluvio-deltizio e depositi pelitico-sabbiosi.

Le numerose prove penetrometriche eseguite su tali materiali per la costruzione di fabbricati nel centro abitato hanno messo in luce una certa variabilità dei caratteri geotecnici in relazione alla prevalenza della componente coesiva (limo sabbiosa) o di quella granulare (sabbia limosa).

Per i limi sabbiosi si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 1.9 \div 2.0 \text{ t/m}^3$
- coesione di picco $c' = 0.1 \div 0.3 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo d'attrito $\phi' = 25^\circ \div 28^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $E' = 250 \div 400 \text{ Kg/cm}^2$

Per le sabbie si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 1.9 \div 2.1 \text{ t/m}^3$
- coesione di picco $c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo d'attrito $\phi' = 30^\circ \div 35^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $E' = 250 \div 500 \text{ Kg/cm}^2$

Per l'orizzonte ghiaioso-conglomeratico si possono assumere i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 1.9 \div 2.2 \text{ t/m}^3$
- coesione di picco $c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo d'attrito $\phi' = > 35^\circ$
- Modulo di deformazione drenato $E' = > 500 \text{ Kg/cm}^2$

5.2.2 Terreni di copertura

Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT) – Unità litotecnica granulare non cementata - E3IIc

Tale Formazione è costituita da ciottolame poligenico, di dimensioni variabili, con lenti di sabbie giallastre e di argille grigio-verdognole, sciolto o debolmente cementato fino a puddinga, grossolonomamente stratificato, generalmente ferrettizzato e più o meno elaborato da azioni eluviali.

Per la caratterizzazione meccanica di questi sedimenti si può fare riferimento ai risultati ottenuti da prove S.P.T. in foro di sondaggio. Dette prove dimostrano che i terreni ghiaioso-sabbiosi sono caratterizzati da resistenze alte per via di uno stato di addensamento elevato (N_{SPT} da 30 a > 50). Le intercalazioni di livelli limo-argillosi non riducono in modo significativo le caratteristiche complessive della formazione che presenta uno spessore variabile da 10 e 15 m.

Ad essa possono essere assegnati i seguenti valori dei parametri geotecnici fondamentali:

- densità relativa $D_r = 65-100\%$
- peso di volume naturale $\gamma' = 2.0 \text{ t/m}^3$
- angolo d'attrito $\phi' = 35^\circ \div 45^\circ$
- modulo di compressibilità $M = 500 \div 700 \text{ Kg/cm}^2$

In base a tali caratteristiche, tale sedimenti sono stati inseriti nell'Unità Litotecnica E in quanto assimilabili ad unità granulare non cementata.

Nella zona del cimitero del Capoluogo i sondaggi eseguiti per il suo ampliamento hanno mostrato, al di sopra delle ghiaie, una copertura di limi argillosi di 6-7 m, per i quali prove geotecniche di laboratorio hanno mostrato i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume naturale $\gamma' = 2.0 \text{ t/m}^3$
- angolo d'attrito di picco $\phi' = 26^\circ \div 27^\circ$
- coesione intercetta $C' = 0.04 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo edometrico $M = 95 \div 100 \text{ Kg/cm}^2$
- coesione non drenata $C_u = 0.8 \text{ Kg/cm}^2$

Depositi alluvionali attuali - Unità Litotecnica granulare non cementata All – E5IIIa

Si tratta dei depositi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose, limi sabbiosi e sabbie argillose poco addensati presenti nella valle del T. Feltrino, dello spessore di 10-15 m.

Mediante prove di taglio diretto e analizzando le prove penetrometriche eseguite su depositi alluvionali fini, per tale unità sono stati ottenuti i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di Volume $\gamma = 1.9 \div 2.0 \text{ t/m}^3$
- Contenuto naturale d'acqua $W_n = 19 \div 30 \%$
- Limite liquido $LL = 50 \div 65 \%$
- Indice di Plasticità $IP = 30 \div 35 \%$
- Angolo d'attrito $\phi' = 19 \div 24^\circ$
- Coesione intercetta $C' = 0.06 \div 0.1 \text{ Kg/cm}^2$

- Coesione non drenata $C_u = 0.5 \div 0.9 \text{ Kg/cm}^2$
- Modulo edometrico $M_o = 40 \div 75 \text{ Kg/cm}^2$

Depositi di spiaggia - Unità Litotecnica granulare non cementata Spi – E4 II a

Si tratta di sabbie a granulometria medio-fine, sciolte ed addensate con uno spessore massimo di 10 m. Indagini eseguite su una superficie pianeggiante di origine litorale, caratterizzata da depositi di retrospiaggia, hanno mostrato sedimenti di natura sabbiosa, e, a luoghi, limo-argillosa. Sulla base di tali indagini geognostiche eseguite in aree limitrofe geologicamente simili, il sottosuolo può essere schematizzato in due unità geotecniche caratterizzate dai seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

Limi sabbiosi poco addensati

- peso di volume $\gamma' = 1.71 - 1.93 \text{ t/m}^3$
- coesione di picco $c' = 0$
- angolo d'attrito $\phi' = 21^\circ - 22^\circ$
- modulo elastico $E' = 40 - 70 \text{ Kg/cm}^2$

Sabbie limose mediamente addensate

- peso di volume $\gamma' = 2.02 - 2.09 \text{ Kg/cm}^3$
- coesione di picco $c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo d'attrito $\phi' = 25^\circ - 30^\circ$
- modulo elastico $E' = 140 - 180 \text{ kg/cm}^2$

Depositi eluvio-colluviali – Unità litotecnica coesiva – Col – F3IV

Sono costituiti da limi, argille e sabbie limose, con colorazioni dall'avana al bruno-rossiccio, con frequenti concrezioni calcaree biancastre. Sono caratterizzati da struttura interna generalmente massiva e costituiscono il prodotto di alterazione dei depositi pelitico-sabbiosi della successione terrigena. Il limite inferiore è costituito da sfumature di colore con la sottostante successione pelitica. Sono presenti nelle incisioni dei fossi che incidono le superfici sommitali, con uno spessore variabile da 3 a 12 m. Si tratta di sedimenti caratterizzati da bassa coesione e da modesti angoli d'attrito dovuti alla natura caotica del materiale.

- Peso di Volume	γ	=	1.86 ÷ 1.94 t/m ³
- Contenuto naturale d'acqua	W_n	=	18 ÷ 30 %
- Angolo d'attrito	ϕ'	=	18 ÷ 22 °
- Coesione intercetta	c'	=	0.02 Kg/cm ²
- Coesione non drenata	c_u	=	0.5 ÷ 0.6 Kg/cm ²
- Modulo di deformazione drenato	E'	=	50 ÷ 70 Kg/cm ²

Depositi di frana (Fra)

Si tratta di depositi originati dal movimento del terreno a causa della gravità secondo cinematismi variabili quali genesi complessa, scorrimenti, colamento, etc. Sono costituiti da limi argillosi e sabbie limose, di colore avana o marrone, da scarsamente a mediamente consistenti, disposti in modo caotico e derivano dal disfacimento dei sovrastanti litotipi affioranti.

6.0 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

In questo paragrafo si tenterà di elaborare un modello che permette di definire i rapporti reciproci tra le diverse unità identificate e stimare l'andamento del substrato sismico, in quanto avere tale conoscenza è di primaria importanza per la ricostruzione di un modello di sottosuolo finalizzato ad una successiva analisi numerica e quindi alla stima dei fattori di amplificazione.

Per il presente livello sono state utilizzate, pertanto, considerazioni di carattere geologico e dati desunti dalle poche indagini censite, correlati con i dati estrapolati dalla letteratura.

Il territorio di San Vito appartiene all'area collinare costiera prospiciente il Mare Adriatico, è caratterizzata da blandi rilievi, con ampie spianate nelle parti sommitali a quote comprese tra 125 m e 150 m s.l.m., separati da corsi d'acqua con prevalente andamento SW-NE. I principali sono, da Nord verso Sud, il T. Moro, il Fosso Cintioni, il T. Feltrino con i suoi affluenti e il Fosso Fontana.

La parte collinare, le cui quote maggiori, nel centro abitato, si aggirano da 140 m s.l.m. della località Bianchi a 122 m s.l.m. del centro storico, risulta costituita da depositi argillo-sabbiosi e sabbiosi-ghiaiosi della successione marina e di transizione plio-pleistocenica, organizzati generalmente in strati di spessore medio disposti in una struttura monoclinale debolmente immergente ad E-NE, raramente dislocata da faglie, che il più delle volte costituiscono il controllo strutturale di elementi idrografici.

La scarsità di affioramenti, a causa dell'intensa coltivazione agricola del territorio collinare ha reso difficoltoso il rilevamento geologico sul terreno, per cui per la definizione dei litotipi presenti ci si è basati soprattutto sulle indagini raccolte e censite e sul criterio geomorfologico (cambi di pendenza, superfici terrazzate, ecc.).

Le migliori esposizioni si hanno nelle falesie della zona costiera a SE del centro storico e nelle scarpate morfologiche che circondano il centro abitato e in quelle che fanno da cornice alle superfici terrazzate di S. Apollinare.

Un'analisi accurata del territorio è stata effettuata in Località Foreste, una vasta superficie terrazzata ubicata ad Est del Capoluogo dove una campagna di indagini geognostiche e geofisiche ha permesso di ricostruire il modello stratigrafico del sottosuolo.

Dall'analisi delle stratigrafie relative ai sondaggi effettuati e dei parametri geotecnici ottenuti, è possibile definire, per l'area in studio, una successione litostratigrafica costituita dalle seguenti unità litologiche:

- 1) Unità limosa argilloso-sabbiosa
- 2) Unità ghiaioso-ciottolosa
- 3) Unità sabbioso-limosa medio-grossolana

Il primo orizzonte, dello spessore di 11 ÷ 12 m è formato da limo argilloso sabbioso, terreno a comportamento coesivo, di colore avana e sfumature grigio-ocra, con frequenti intervalli sabbiosi e talora ghiaiosi. Il materiale coesivo, quando poco mescolato con quello incoerente, si presenta, secondo i risultati di laboratorio, da mediamente consistente a consistente, di discreta plasticità e mediamente umido. Il secondo orizzonte, da 11-12 m a 20 m circa, è rappresentato da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa. Il materiale risulta poligenico, i granuli hanno forma subarrotondata e diametro max di 60 mm. La matrice è costituita da sabbia medio-fine di colore avana. Gli indici NSPT presentano valori sempre piuttosto alti, facendo classificare l'unità molto addensata. L'orizzonte più profondo, da 20 circa a 30 m circa è formata da sabbia medio-grossolana, talora con ghiaietto. Il colore varia tra il giallo ed il grigio. Gli indici NSPT tendono ad aumentare con la profondità, facendo classificare l'unità da addensata a molto addensata.

L'unità ghiaioso-ciottolosa caratterizza, genericamente, la parte mediana dei sondaggi, cioè quella parte di deposito che si trova, approssimativamente, tra 118÷108 m.s.l.m. E' un deposito nettamente grossolano, formato prevalentemente da ghiaia e ciottoli con dimensioni anche centimetriche, solo poche volte intervallato da strati sabbiosi. Al contrario una sabbia di dimensioni medio-fine ne costituisce la matrice. L'addensamento di tale materiale è molto elevato.

I dati provenienti dalle indagini tomografiche elettriche, opportunamente elaborati, interpretati e correlati con le indagini dirette eseguite in sito (sondaggi a carotaggio continuo) al fine di una più precisa attinenza tra i risultati ottenuti dalle indagini geofisiche e l'assetto stratigrafico della zona (profondità di investigazione massima di 20-25 m dal piano campagna) hanno permesso di elaborare un modello elettro-stratigrafico così riassunta:

Elettrostrato 1 - *coltre superficiale limo argillosa sabbiosa* - caratterizzato da variazioni di resistività omogenee comprese tra 5 e i 30÷40 ohm*m circa, classiche dei suoli superficiali limo-argillosi-sabbiosi molto sensibili alle variazioni stagionali, alla eventuale presenza di precedenti azioni antropiche (pratiche agricole, scavi o riempimenti con materiali eterogenei, ecc.) o a forti variazioni di umidità e quindi alla eventuale presenza di un'effimera circolazione idrica superficiale dovuta al ruscellamento, infiltrazione e/o ristagno delle acque meteoriche. Tale elettrostrato risulta presente su tutta l'area in esame.

Elettrostrato 2 - Sabbie e ghiaie variamente addensate - caratterizzato da variazioni di resistività comprese tra 40 e i 450 ohm*m circa dovute alla eterogeneità del mezzo indagato consistente in depositi con facies da litorali a fluvio-deltizie formati da sabbie e ghiaie in matrice limoso sabbiosa variamente addensate. Tale elettrostrato risulta presente su tutta l'area in esame.

Si riportano di seguito i profili di resistività bidimensionali relativi alle indagini tomografiche elettriche:

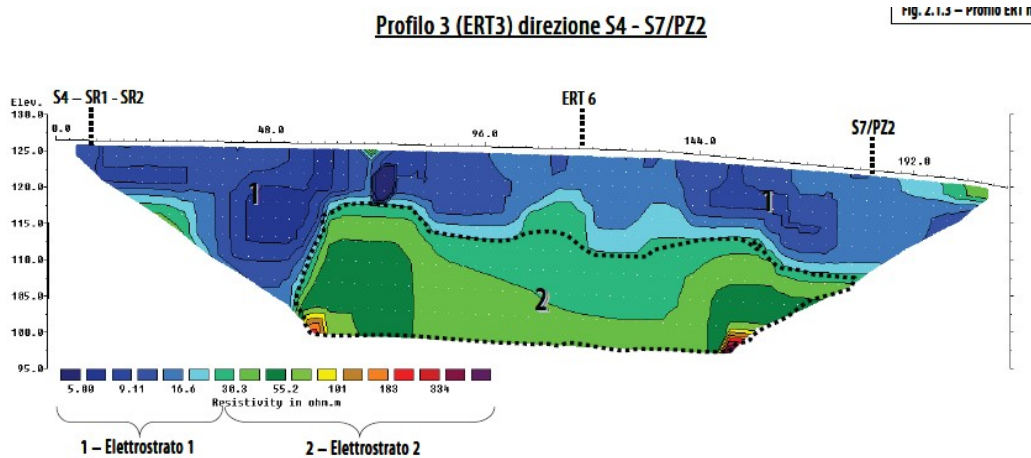
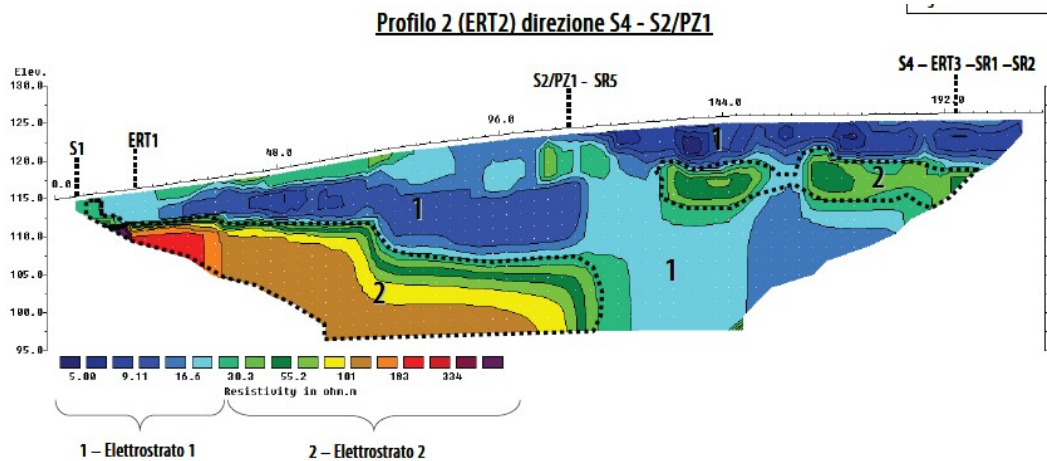
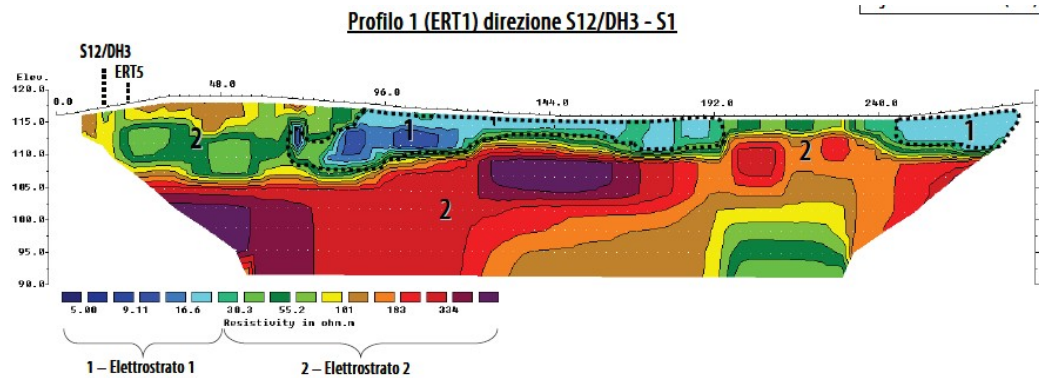
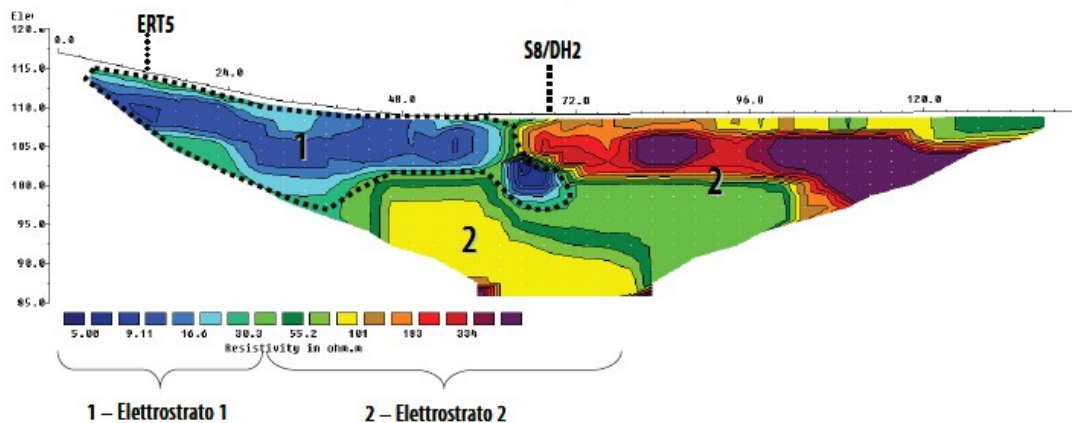
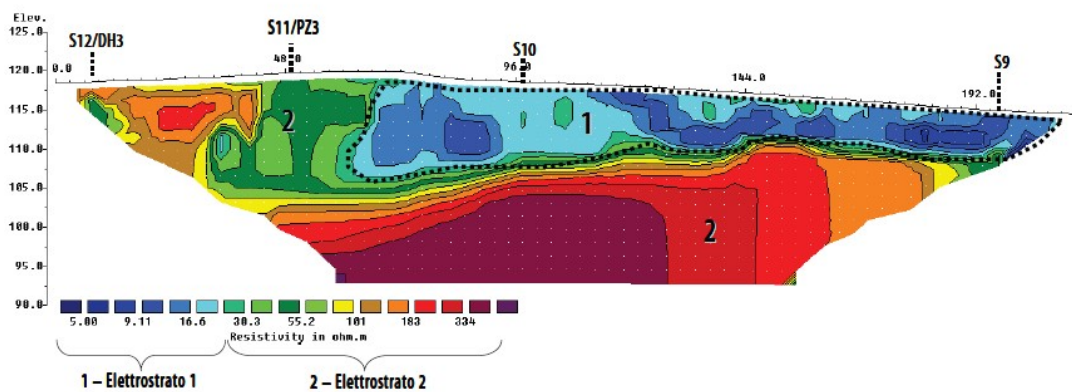


FIG. 4.1.3 - PROFILI ERT N

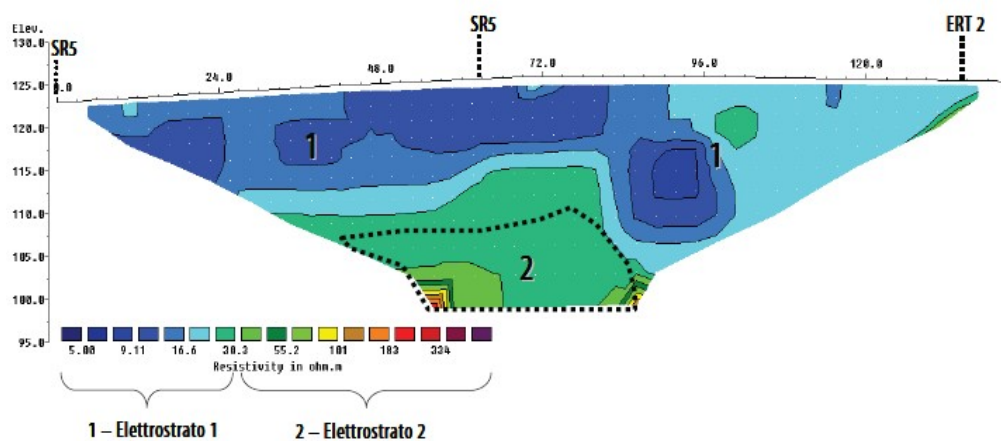
Profilo 4 (ERT4) direzione S8/DH2 - S7/PZ2



Profilo 5 (ERT5) direzione S9 - S12/DH3



Profilo 6 (ERT6) direzione S3/DH1 - S7/PZ2

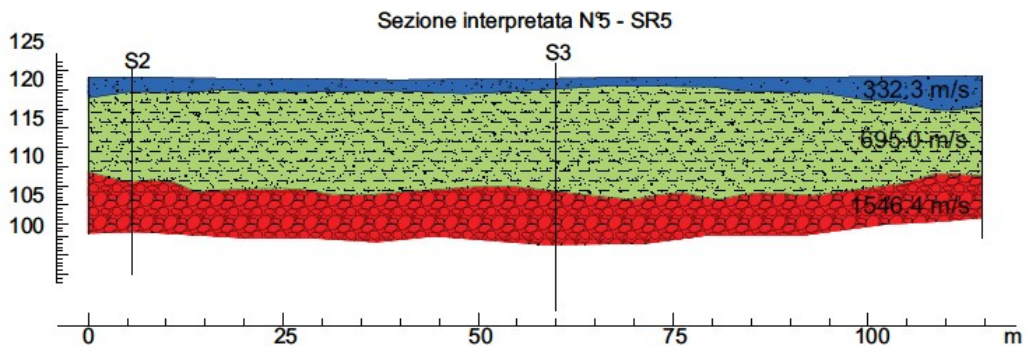
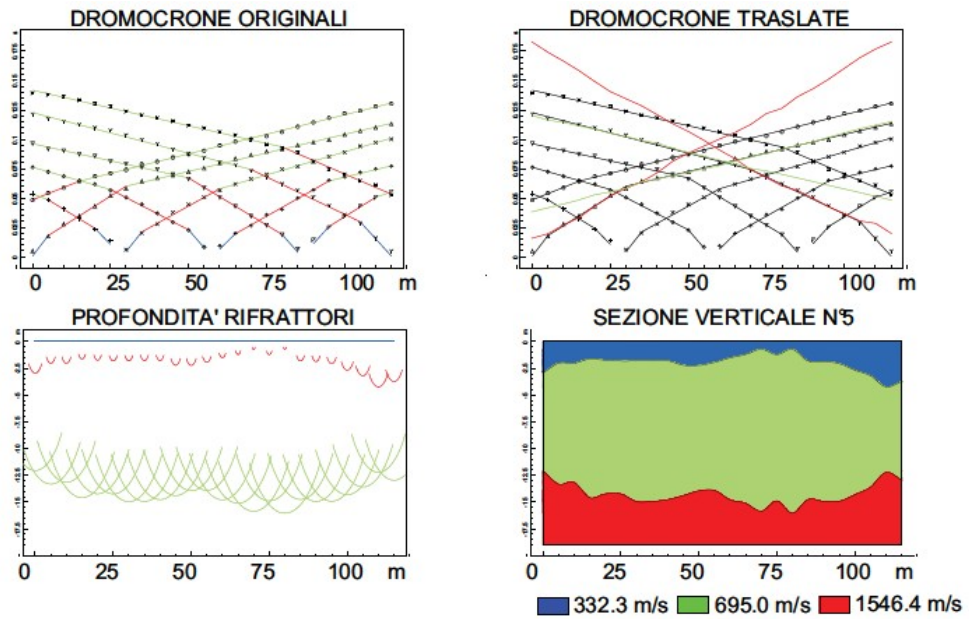


I dati relativi ai profili sismici a rifrazione bidimensionali ottenuti hanno permesso di individuare e determinare le principali variazioni ed anomalie di velocità all'interno dei sismostrati, evidenziando le anisotropie fisiche rimanendo in buon accordo con le evidenze dei sondaggi geognostici.

Tutte le linee mostrano una buona correlazione sismostratigrafica ed evidenziano, dall'alto verso il basso, principalmente 3 sismostrati di seguito schematicamente riportati:

- Sismostrato 1 (Superficiale): Coltre superficiale associabile a limi, sabbie e ghiaie con elevato indice dei vuoti: caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 266 m/s e 374 m/s, classiche dei suoli superficiali limo- argillosi-sabbiosi, poco addensati sensibili alle variazioni stagionali di umidità, alle eventuali azioni antropiche (pratiche agricole) o alla eventuale presenza di una effimera circolazione idrica superficiale dovuta al ruscellamento e/o all'infiltrazione delle acque meteoriche. Tale sismostrato risulta presente su tutta l'area in esame.
- Sismostrato 2 (intermedio): Depositi associabili a sabbie e ghiaie in matrice limosa moderatamente addensate e limi argillosi moderatamente consistenti: caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 662 m/s e 995 m/s; può presentare variazioni verticali dovute alla eterogeneità del mezzo indagato. Tale sismostrato risulta presente su tutta l'area in esame.
- Sismostrato 3 (profondo): Depositi associabili a sabbie e ghiaie in matrice limosa addensate e limi argillosi consistenti: caratterizzato da velocità delle onde P comprese tra 1397 m/s e 1732 m/s; può presentare variazioni verticali dovute alla eterogeneità del mezzo indagato. Tale sismostrato risulta presente su tutta l'area in esame.

Di seguito viene riportato un profilo di sismica a rifrazione caratteristico dell'area in studio:



I dati provenienti dalle indagini di sismica in foro tipo Down Hole permettono, energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde P ed S al ricevitore, di determinare la velocità dei litotipi riscontrati nella perforazione, i loro moduli elastici e, con energizzazioni ripetute ogni metro, la sismostratigrafia del sottosuolo. Le 3 indagini Down Hole realizzate nell'area in studio hanno permesso di trarre le seguenti informazioni sulla categoria di suolo di fondazione secondo le vigenti normative:

DH1(3) : $V_{S30} = 433$ m/s a cui corrisponde, la categoria di suolo di fondazione di tipo B;

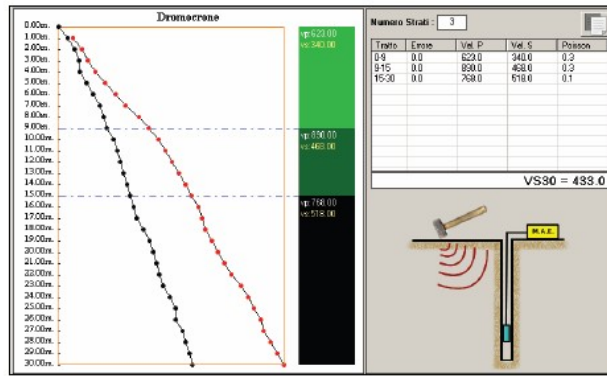
DH2(8) : $V_{S30} = 427$ m/s a cui corrisponde, la categoria di suolo di fondazione di tipo B;

DH3(12) : $V_{S30} = 528$ m/s a cui corrisponde, la categoria di suolo di fondazione di tipo B.

Si riportano di seguito le restituzioni numeriche dei “primi arrivi” delle onde P e onde S, dei “parametri geotecnici dinamici” e le restituzioni grafiche delle “dromocroni” dell’indagine sismica in foro tipo Down Hole DH1 eseguita nel foro di sondaggio S3.

TABELLA PRIMI ARRIVI – DH1 (S3)					
(distanza dello sparo da bocca foro 1.50 mt)					
N. Misura	Profondità	Tempi onde P	Tempi onde S	Tempi onde P corretti	Tempi onde S corretti
	(mt.)	(msec)	(msec)	(msec)	(msec)
1	1.0	5.0	8.0	2.8	4.4
2	2.0	6.0	9.0	4.8	7.2
3	3.0	7.0	10.0	6.3	8.9
4	4.0	7.0	12.0	6.6	11.2
5	5.0	9.0	15.0	8.6	14.4
6	6.0	11.0	18.0	10.7	17.5
7	7.0	13.0	21.0	12.7	20.5
8	8.0	14.0	25.0	13.8	24.6
9	9.0	15.0	28.0	14.8	27.6
10	10.0	17.0	31.0	16.8	30.7
11	11.0	18.0	33.0	17.8	32.7
12	12.0	19.0	35.0	18.9	34.7
13	13.0	20.0	37.0	19.9	36.8
14	14.0	21.0	39.0	20.9	38.8
15	15.0	22.0	41.0	21.9	40.8
16	16.0	23.0	43.0	22.9	42.8
17	17.0	24.0	44.0	23.9	43.8
18	18.0	25.0	45.0	25.9	44.8
19	19.0	26.0	47.0	27.9	46.9
20	20.0	29.0	49.0	28.9	48.9
21	21.0	30.0	51.0	29.9	50.9
22	22.0	31.0	53.0	30.9	52.9
23	23.0	32.0	56.0	31.9	55.9
24	24.0	34.0	58.0	33.9	57.9
25	25.0	36.0	60.0	35.9	59.9
26	26.0	36.0	62.0	35.9	61.9
27	27.0	38.0	63.0	37.9	62.9
28	28.0	39.0	65.0	38.9	64.9
29	29.0	40.0	66.0	40.0	66.9
30	30.0	41.0	67.0	41.0	68.9

Tab.3.1.1 – Tabella dei primi arrivi – DH1 (S3)



Tab.3.1.2 – Risultati delle dromocrone – DH1 (S3)

Profondità dei sismostrati desunti dai down-hole (m)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	Poisson ν	Modulo di taglio dinamico G din (MPa)	Modulo di compressibilità dinamica Ed din (MPa)	Modulo di Young dinamico Ed din (MPa)	Modulo di Bulk dinamico K din (MPa)	Rigidità sismica R (m/sec) * (MN/m³)
9.0	623.0	340.0	0.3	202.8	522.5	515.7	405.3	588.5
15.0	850.0	488.0	0.3	411.3	1076.6	1062.6	926.8	8673.6
30.0	768.0	539.0	0.1	489.9	1090.9	1067.1	419.2	9235.1

Tab.3.1.3 – Parametri geotecnici (elasto-dinamici) – DH1 (S3)

In base a tali dati risulta che il centro capoluogo e le vaste località pianeggianti (nuclei abitati di Mancini, Foreste, S. Apollinare, ecc.) sono ubicate su terreni appartenenti alla formazione delle Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (RPT) corrispondente al ciottolame poligenico costituito da puddinghe e ciottoli più o meno cementati (Q^c_{cg}) di ambiente litorale e continentale che testimonia la chiusura del ciclo marino plio-pleistocenico cartografato nella Carta Geologica d'Italia - Foglio 147 – Lanciano.

Nei versanti, invece, il substrato geologico non rigido è rappresentato da terreni del Pliocene e del Pleistocene (FMTa) con facies prevalentemente argillosa, costantemente coperti da una coltre di detriti e di depositi eluvio-colluviali.

Dalle osservazioni litologiche e giaciture effettuate negli scavi delle gallerie ferroviarie risulta che l'unità è costituita da peliti più o meno sabbiose, con intercalazioni di strati medi, sottili e molto sottili di sabbie fini di colore grigio che immergono verso ENE di 7°.

Al di sopra di tali depositi sono presenti sedimenti dell'Associazione sabbioso-conglomeratica (FMT d), terreni piuttosto eterogenei sotto il profilo litostratigrafico. Le sabbie gialle sono senza dubbio la litofacies prevalente ma, a luoghi, ad esse si intercalano, con contatti inconformi e geometrie lenticolari, depositi conglomeratici con associate peliti verdi di ambiente fluvio-deltizio e depositi pelitico-sabbiosi di ambiente di piattaforma e di laguna. La sequenza è

chiusa da ghiaie a clasti calcarei mesozoici di ambiente fluvio-deltizio (Formazione delle Argille e Conglomerati di Ripa Teatina - **RPT**) con uno spessore di 10-15 m.

Come riportato nella Carta Geologico-Tecnica, gran parte del versante occidentale del capoluogo risulta ricoperto da depositi eluvio-colluviali dello spessore variabile da 3 a 12 m, mentre molte aree risultano instabili a causa di movimenti gravitativi quiescenti e attivi.

Un vasto movimento di scorrimento rotazionale attivo viene, infatti, riportato nella Carta Geomorfologica del Piano Stralcio di Bacino e comprende le aree sul versante destro del T. Moro, corso d'acqua sottostante l'abitato di S. Apollinare, mentre gli altri movimenti franosi (di scorrimento rotazionale e di colamento) sono stati classificati come quiescenti o inattivi.

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio ha confermato sostanzialmente la tipologia e l'estensione dei movimenti franosi cartografati nel P.A.I., tranne per alcuni movimenti rotazionali quiescenti, di limitata estensione, che sono stati osservati sul versante orientale della Località Foreste. Non si tratta di movimenti recenti, ma di fenomeni che erroneamente non sono stati riportati nel P.A.I. (sarà cura dell'Amministrazione Comunale segnalare tali fenomeni all'A.d.B. per il loro inserimento nelle cartografie).

Per quanto riguarda, invece, la pericolosità da scarpate è stata eseguita nel 2009, su incarico del Comune di San Vito, la corretta trasposizione negli strumenti urbanistici delle scarpate riportate nella Carta della Pericolosità e tale trasposizione è stata riportata anche nella Carta Geologico-Tecnica a corredo della presente Microzonazione Sismica.

I depositi di frana sono formati da limi argillosi e sabbie limose, di colore avana o marrone, da scarsamente a mediamente consistenti, disposti in modo caotico.

La parte valliva del territorio comunale comprende il tratto finale della piana alluvionale del T. Feltrino. La situazione stratigrafica, dedotta da indagini geognostiche condotte fuori al territorio in esame, risulta schematizzabile in una successione di sedimenti di origine continentale (Olocene) costituiti da depositi alluvionali fini formati da limi argillosi poco consistenti, con piccoli ciottoli, livelli e noduli sabbiosi, caratterizzati da scarsi valori della coesione di picco e dell'angolo d'attrito, che ricoprono, a luoghi, alluvioni grossolane costituite da ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, che contengono al loro interno una falda a profondità <15 m.

Anche in questo caso, al di sotto dei depositi alluvionali del T. Feltrino, il substrato geologico non rigido è rappresentato dai depositi argillosi della Formazione di Mutignano.

7.0 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

L'elaborato consente di dare informazioni sintetiche ottenute dalla sovrapposizione di informazioni di dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e geofisici attraverso la suddivisione del territorio in zone che presentano un medesimo potenziale di suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotto dal sisma.

La carta così redatta evidenzia ambiti omogenei dove si può prevedere l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica come amplificazioni e instabilità.

Nel contesto del territorio comunale sono state identificate diverse situazioni che, per le specifiche condizioni, possono dare luogo a incrementi della fase sismica e dare origine a fenomeni di instabilità locale.

Per la realizzazione della Carta si è tenuto conto delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche di superficie, della geologia del sottosuolo ricostruita dalle sezioni geologiche, dai dati sia geofisici sia di sondaggio. In questo contesto le misure HVSR riportate sulla carta hanno lo scopo di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica dando indicazioni sulle frequenze interessate dal fenomeno, Tali misure sono state riclassificate e riorganizzate per una loro rappresentazione cartografica in termini di classi di frequenza e ampiezza. Non è stato possibile suddividere la frequenza fondamentale (F0) dal secondo picco (F1) in quanto alcune delle misure mostrano un solo picco, mentre la maggior parte delle misure eseguite non hanno mostrato picchi di risonanza significativi.

Le misure HVSR eseguite nella formazione di Ripa Teatina mostrano di solito un solo picco ben pronunciato ma nelle alte frequenze e sono riconducibili ad anomalie superficiali.

Sono state distinte:

- n. 6 microzone stabili suscettibili di amplificazione locale,
- n. 5 microzone di attenzione per l'instabilità.

Le zone stabili caratterizzate da affioramenti del substrato geologico non rigido (successione marina del Plio-Pleistocene) o con pendenza maggiore a 15° sono state inserite fra le zone suscettibili di amplificazione per effetti stratigrafici e/o per effetti topografici.

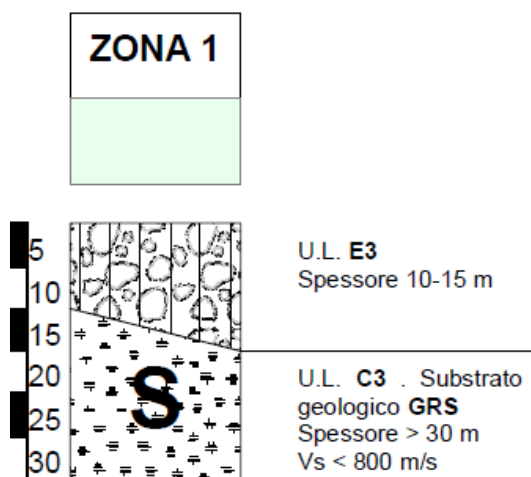
Anche le aree con depositi di copertura continentali e di transizione (Argille e Conglomerati di Ripa Teatina, depositi alluvionali e coperture eluvio-colluviali) sono state considerate suscettibili di amplificazioni locali per effetti stratigrafici, con pericolosità variabile in funzione della locale stratigrafia ricostruita mediante dei logs rappresentativi.

Nell'ambito delle **microzone stabili, suscettibili di amplificazioni locali**, le diverse

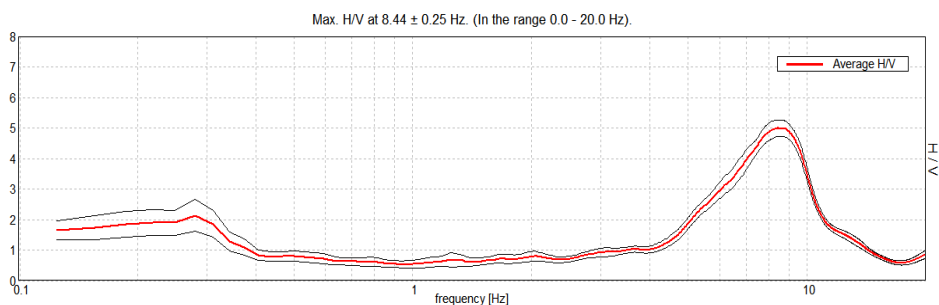
classificazioni riportate nella carta non sono ordinate secondo criteri di pericolosità crescente in quanto ciascuna possiede una particolare identità sia in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche che a quelle sismiche.

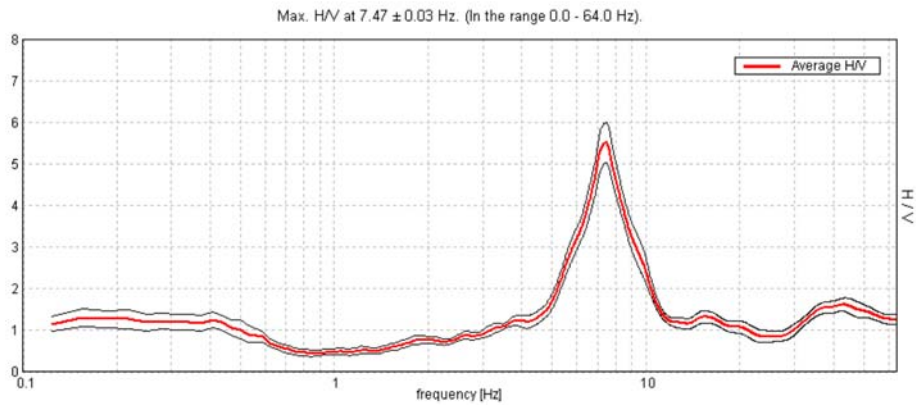
Sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche, stratigrafiche e geofisiche dei terreni dedotte sono state individuate **n. 6 microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**.

Nella **Microzona 1** è compresa la maggior parte del territorio urbanizzato: vi ricadono il centro abitato capoluogo, le superfici sommitali subpianeggianti di Mancini, Quercia dei Corvi, Murata Alta, S. Apollinare ecc., in cui il substrato sismico è rappresentato dall'unità geologica continentale e di transizione (*Argille e Conglomerati di Ripa Teatina*), caratterizzata da V_s inferiori a 800 m/s e formata da ghiaie sabbiose con lenti di argilla limosa, ricoperti da terreni pedogenizzati e terreni eluviali di spessore inferiore a 3.0 m: qui gli effetti amplificativi del moto sismico sono dovuti alla eterogeneità del deposito (effetti stratigrafici).

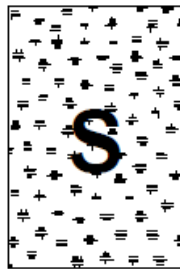
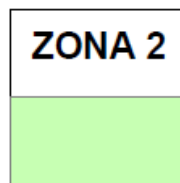


Le misure di microtremori riportate di seguito, sono stata rilevate nelle località Mancini e Bianchi, rispettivamente a sud e ad est del centro storico: le curve permettono di identificare un picco di risonanza significativo (F_0 di circa 7- 8 Hz), probabilmente ascrivibile all'interfaccia tra le sabbie e le ghiaie sabbiose presente alla profondità di circa 10.0 m dal piano campagna.





La **Microzona 2** comprende tutte le aree dell'abitato e del centro storico in cui affiora il substrato geologico non rigido rappresentato dalle sabbie (*Associazione sabbioso-conglomeratica FMTd*) che si presenta con $V_s < 800$ m/s in cui la copertura eluvio-colluviale ha spessore < 3.0 m.



U.L. **C3** . Substrato geologico **GRS**
Spessore > 30 m
 $V_s < 800$ m/s

La **Microzona 3** comprende le zone di versante in cui il substrato sismico è rappresentato da unità geologiche marine con $V_s < 800$ m/s (*argille dell'associazione pelitico-sabbiosa della Formazione di Mutignano*) ricoperte da terreni eluvio-colluviali con spessori inferiori a 3 m, a differenza della **Microzona 5** dove sono presenti i depositi eluvio-colluviali > 3 m nelle incisioni vallive e nei versanti sottostanti l'abitato: in queste aree le amplificazioni del moto sismico sono dovute sia all'assetto topografico sia a quello stratigrafico.