



REGIONE PUGLIA
CITTA' DI SQUINZANO
Provincia di Lecce



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE
RISCHIO IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE -
MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTO NORMATIVO
DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Michele ZACCARIA

PROGETTAZIONE:
RTP:

Mandataria



Vi.Tra Engineering S.r.l.
Sede Legale: Via Lupiae, 12 - 73100 Lecce

Mandanti

Ing. Marco BARBARA
Ing. Carmelo ORTISI
Geol. Luca ORLANDUCCI
Arch. Livia MANTOVANO
Ing. Marco Virgilio FILOGRANA

B - RELAZIONI
SPECIALISTICHE

TAVOLA:
ELABORATO:
SCALA:

B03

Relazione sismica

-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
1	Progetto esecutivo	Mazzotta	08/2022	Barbara	08/2022	Prato	08/2022



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE RISCHIO
IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE - MESSA IN SICUREZZA E
ADEGUAMENTO NORMATIVO DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO ESECUTIVO

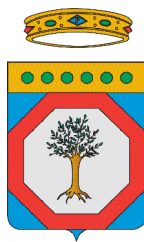


RELAZIONI SPECIALISTICHE
B03 – Relazione sismica

FOGLIO 1 di 1

NOTA ESPLICATIVA PRELIMINARE

Il progetto esecutivo a firma dello Scrivente recepisce totalmente i contenuti riportati nella progettazione definitiva. Pertanto, a seguito di una scrupolosa verifica degli elaborati a base di gara, il progettista fa proprio e allega di seguito **elaborato B03 rev.01 del 01/2022** del progetto definitivo in quanto non sono necessarie ulteriori modifiche o approfondimenti dello stesso ai fini della corretta esecuzione delle opere.



REGIONE PUGLIA
CITTA' DI SQUINZANO
Provincia di Lecce



PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ATTENUAZIONE
RISCHIO IDROGEOLOGICO SUL TERRITORIO COMUNALE -
MESSA IN SICUREZZA E ADEGUAMENTO NORMATIVO
DEL RECAPITO FINALE EST

CUP: E73H20000370006 CIG: 8614455925

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Michele ZACCARIA

PROGETTAZIONE:
RTP:

Mandataria



Vi.Tra Engineering S.r.l.
Sede Legale: Via Lupiae, 12 - 73100 Lecce

Mandanti

Ing. Marco BARBARA
Ing. Carmelo ORTISI
Geol. Luca ORLANDUCCI
Arch. Livia MANTOVANO
Ing. Marco Virgilio FILOGRANA

B - RELAZIONI
SPECIALISTICHE

TAVOLA:
ELABORATO:
SCALA:

B03

Relazione sismica

-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
1	Prima emissione	Mazzotta	01/2022	Barbara	01/2022	Prato	01/2022

PREMESSA

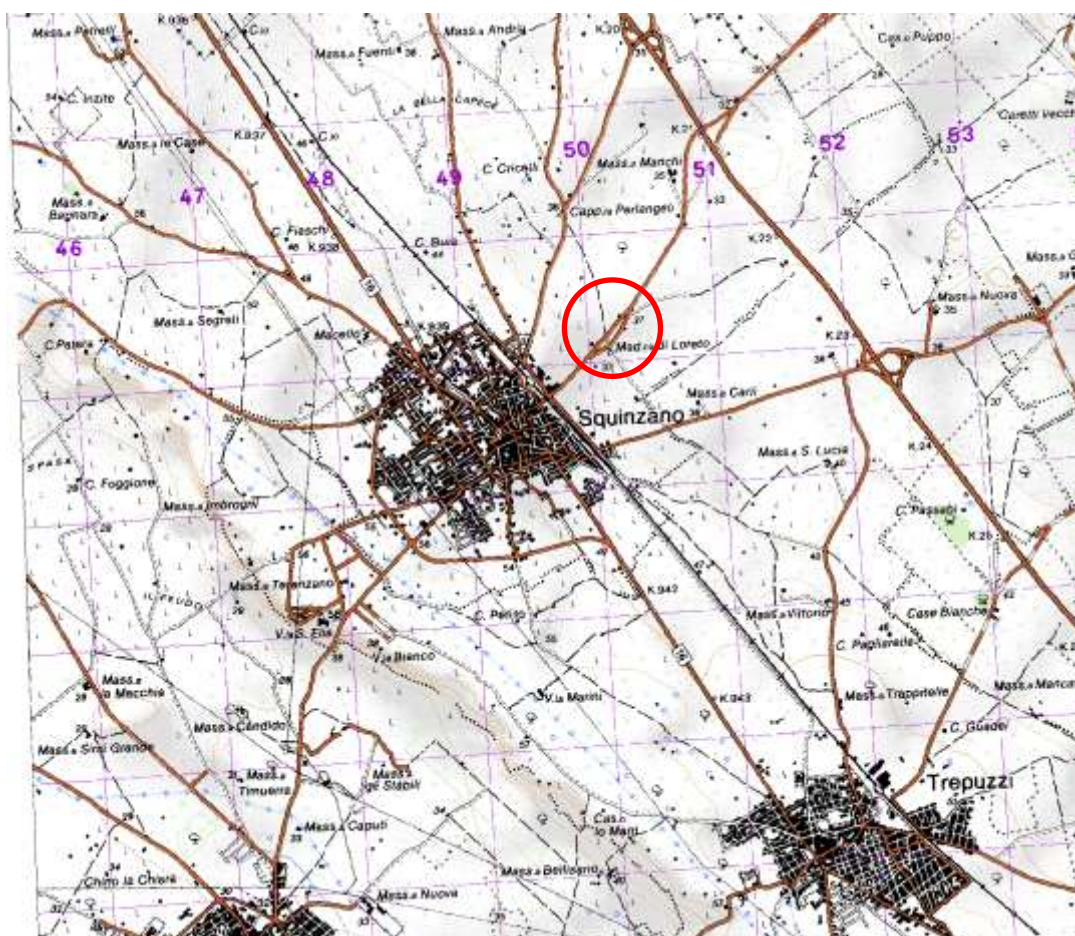
Si redige la presente relazione geologica, idrogeologica, morfologica e sismica relativa agli “interventi di attenuazione rischio idrogeologico sul territorio comunale – messa in sicurezza e adeguamento normativo del recapito finale Est” del Comune di Squinzano (LE).

L’area in esame, è compresa tra la strada comunale vecchia Brindisi Lecce e la SP 96, a NE del centro abitato di Squinzano.

La presente relazione viene redatta ai sensi delle normative vigenti in materia di caratterizzazione sismica:

- ✓ D.M. del 17/01/2018 contenente “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”
- ✓ O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e successive modifiche del 2005 contenente “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- ✓ O.P.C.M. n.3519 del 11/05/2006 contenente “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”
- ✓ D.G.R n.153 del 02/03/2004 contenente “Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti – approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi”.

TAV.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE



AREA DI INTERVENTO

TAV.2 AREA INTERESSATA



1 · PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA

Il territorio salentino è caratterizzato da una pericolosità sismica piuttosto bassa, mentre è più elevata nell'area garganica (figg. 1;2). La pericolosità sismica del territorio salentino ha una duplice origine: deriva infatti dalla presenza di zone sismogenetiche poco lontane (Appennino meridionale) e quindi da sorgenti, potenzialmente in grado di scatenare attività sismica oltre la soglia del danno, all'interno della stessa regione (area garganica), oltre all'area sismogenetica attiva dell'arco ellenico a SE.

Pertanto, si osserva che la maggior parte dei terremoti in Puglia si verificano nell'area garganica e nelle zone più interne in prossimità della Catena Appenninica meridionale (Fig.3).

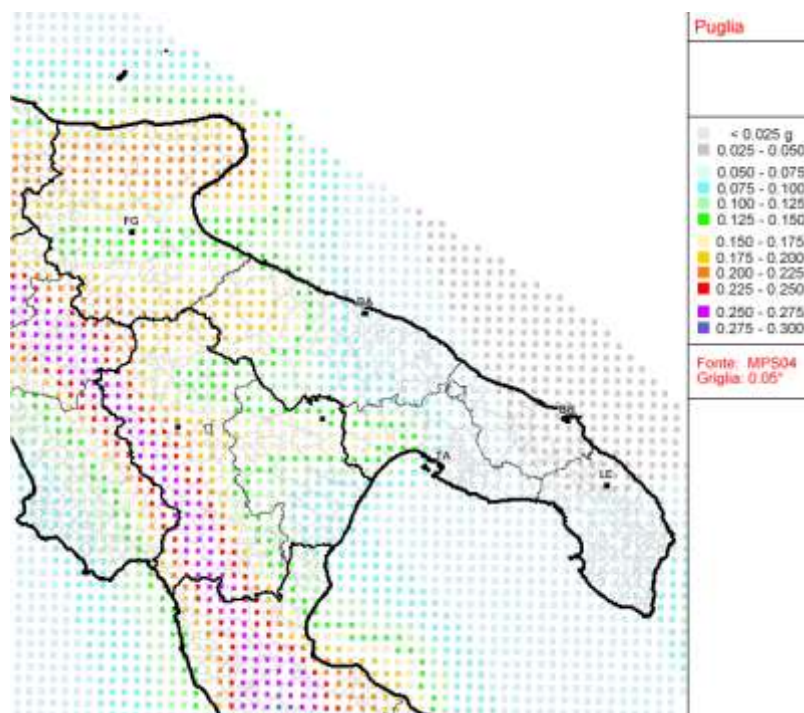


Fig.1 Pericolosità sismica regionale



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s0} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

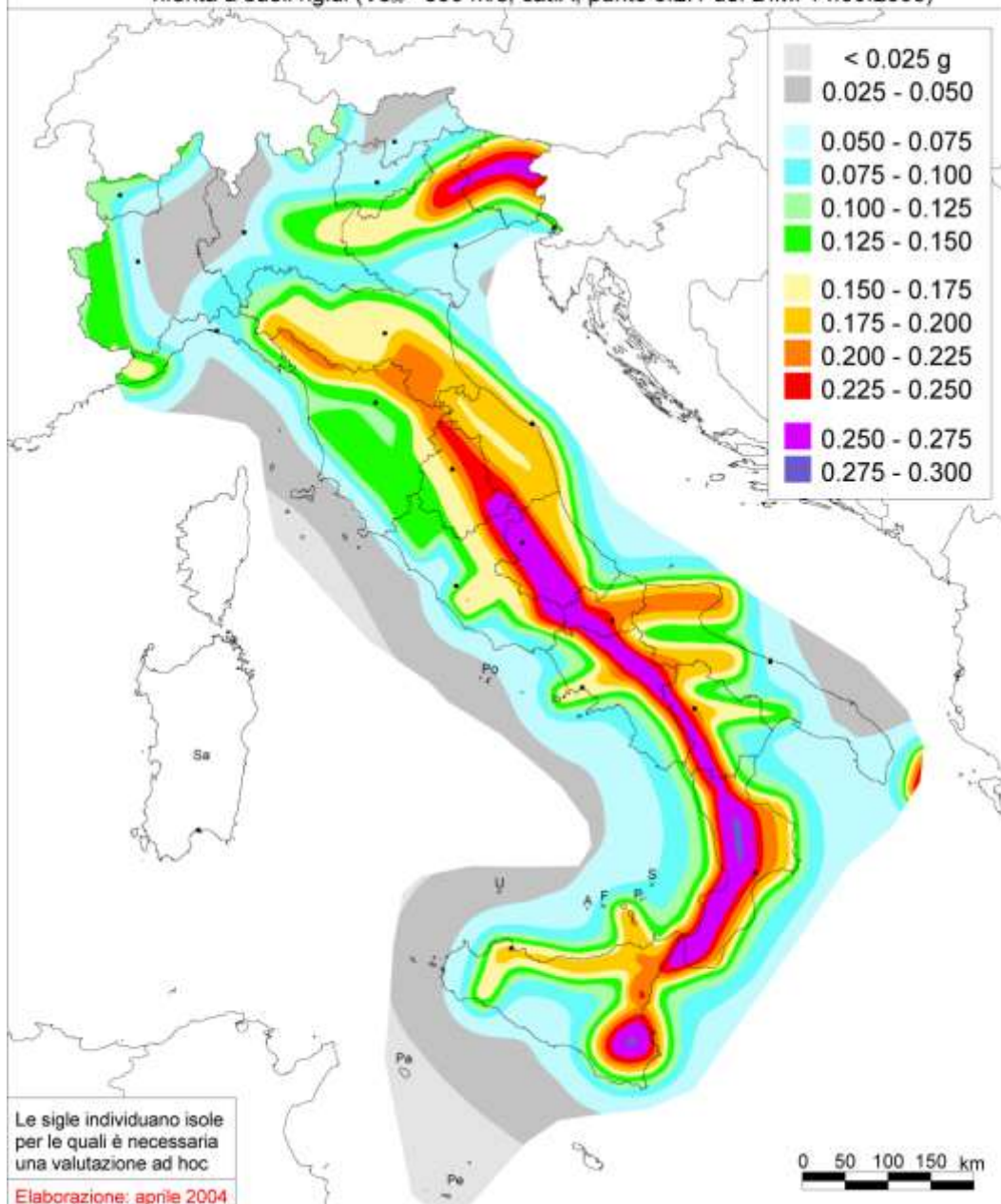


Fig.2 Mappa della pericolosità sismica

2 · SISMICITA' STORICA

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale dal passato all'attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- ✓ *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15)*, redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

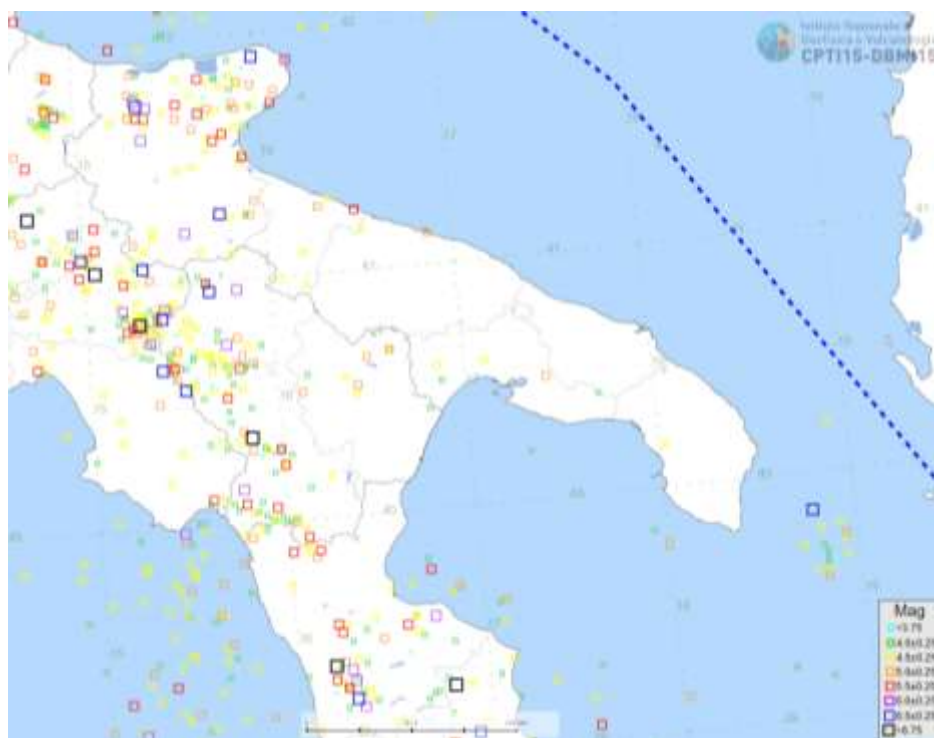


Fig.3 Mappa con la localizzazione degli eventi sismici storici avvenuti in Puglia
(fonte: catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI15, INGV)

Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

✓ *DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15)*, realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

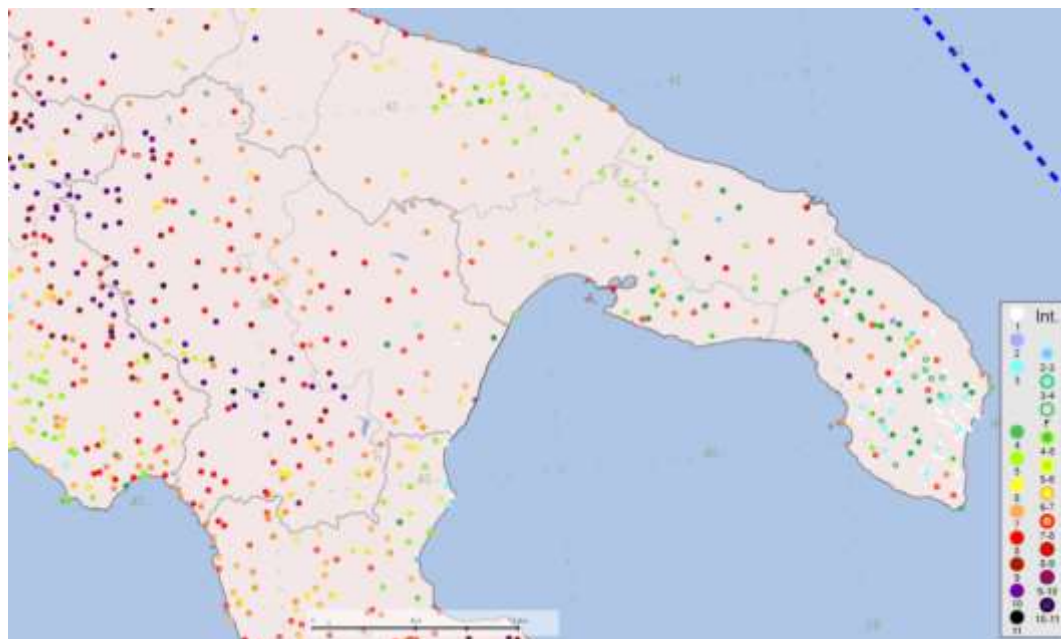
La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

In Figura 3 è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi alla regione Puglia, mentre in figura 4 è riportata una lista di tutti gli eventi sismici catalogati.

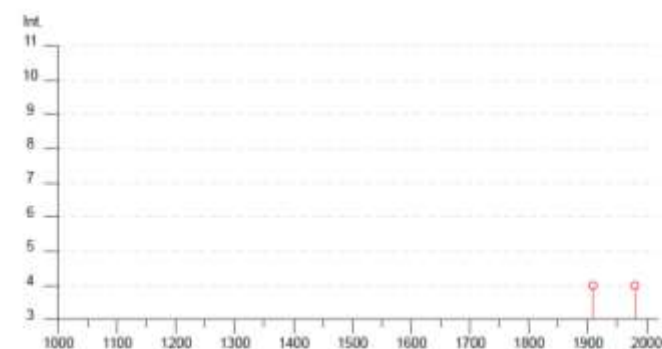
In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica molto bassa.

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 (Fig. 3) e dal database DBMI15 (Fig. 4), dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.



Squinzano

PlaceID IT_62815
 Coordinate (lat, lon) 40.429, 18.044
 Comune (ISTAT 2015) Squinzano
 Provincia Lecce
 Regione Puglia
 Numero di eventi riportati 5



Effetti									
In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMIIP	Io Mw
4	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.01
MF	1990	05	05	07	11	2	Potentino	1375	5.77
MF	1998	04	13	21	18	2	Golfo di Taranto	272	6-7 4.86
2	1978	09	24	08	07	44	Materano	121	6 4.75
4	1909	01	20	19	58		Salento	32	5 4.51

**Figura 4 – Grafico delle intensità di sito (Is) risentite a Squinzano (fonte INGV)
 (DataBase Macrosismico Italiano DBMI15)**

3 · CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che l'area di progetto non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



Figura 5 – Classi di profondità efficace assegnate alle diverse zone sismogenetiche di ZS9



Figura 6 – Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche che compongono ZS9

4 • INDAGINE SISMICA

Il criterio di classificazione, è basato sul calcolo del valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio: $V_{s,eq}$, nei terreni situati al di sotto del piano fondale e per una profondità che è funzione della profondità di rinvenimento del sismostrato con velocità superiore a $V_s > 800$ m/s, e comunque di almeno 30,0 metri.

Il rumore sismico ambientale: microtremori, presente sulla superficie terrestre, è generato oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici e dall'attività antropica.

L'indagine sismica passiva sfrutta lo studio dei microtremori poiché si basa su oscillazioni più piccole rispetto a quelle che possono essere indotte da un terremoto.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non viene generato artificialmente come nel caso della sismica attiva.

Al rumore di fondo che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20Hz a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume **p** o **s**; in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde s, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Tra i metodi maggiormente consolidati per estrarre informazioni del sottosuolo risulta essere quello dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr o HV Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicato da Nogoshi e Igarashi (1970).

Nakamura (1989) utilizzò tale tecnica per determinare l'amplificazione sismica locale. La tecnica HVSr (o di Nakamura) è una tecnica sperimentale che consente di valutare alcune caratteristiche di depositi sedimentari (suoli). Il metodo ha comunque dimostrato di essere idoneo per valutare il periodo fondamentale di depositi sedimentari (in modo particolare quando l'impedenza di questi è in grande contrasto con l'impedenza del bedrock). La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale f_0 di diverse zone.

La tecnica HVSR consente quindi di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato soffice a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Se si considera la struttura geologica tipica di un deposito sedimentario (fig. 1), si vede come il tremore registrato in superficie si possa considerare come composto da onde superficiali e da onde di volume.

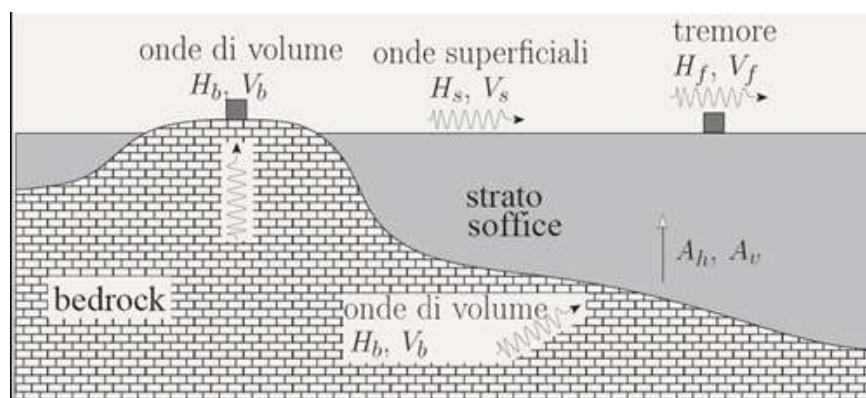


Fig. 1 Struttura geologica tipica di un deposito sedimentario.

Tali onde verranno modificate dall'azione filtrante dello strato soffice. Si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (H_f) e verticale (V_f). H_b e V_b sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel *bedrock* e H_s e V_s sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie.

Nakamura ha quindi definito il rapporto QTS come:

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h * H_b + H_s}{A_v * V_b + V_s} = \frac{H_b}{V_b} \cdot \frac{\left[A_h + \frac{H_s}{H_b} \right]}{\left[A_v + \frac{V_s}{V_b} \right]}$$

Per basse frequenze ($f < (2-3)f_0$) non c'è amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri H_b e V_b nel *bedrock* non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal bedrock su quelle superficiali si può dimostrare che il QTS è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale A_h cercato (fig. 2).

La tecnica dei rapporti spettrali HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessuna perforazione, nè di stendimenti di cavi.

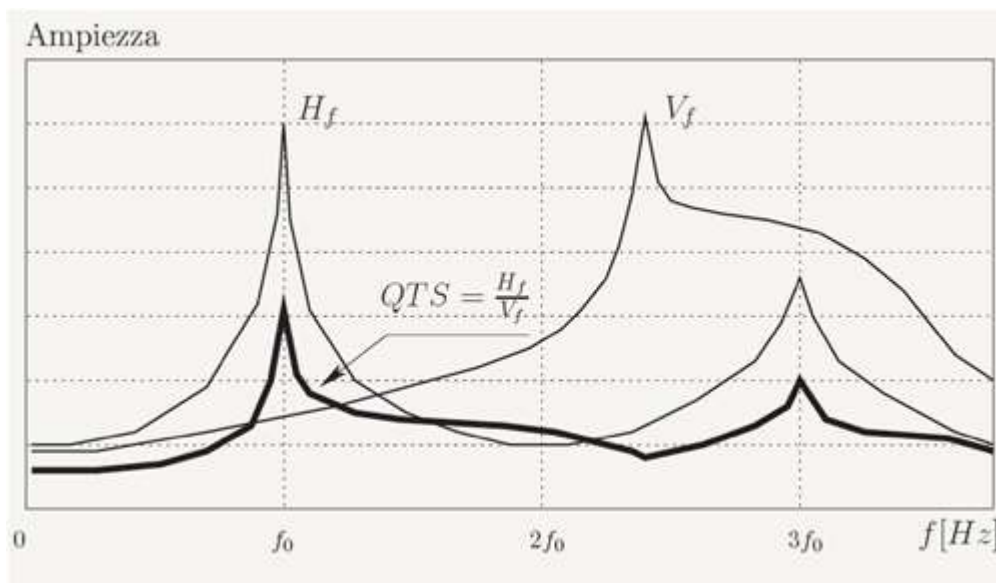
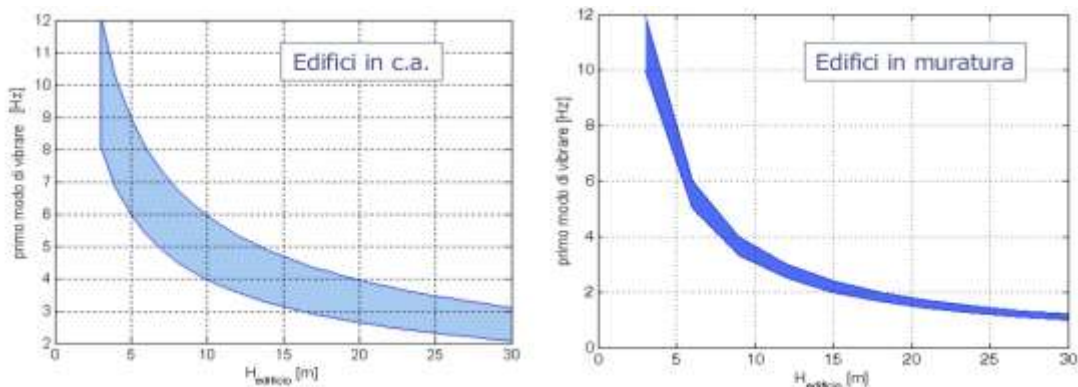


Fig.2-Confronto schematico tra gli spettri orizzontale(H_f), verticale(V_f) ed il rapporto $QTS = H_f/V_f$

Per la caratterizzazione sismica di un sito, la tecnica sismica passiva a stazione singola è verosimilmente quella che ha più aspetti positivi perché misura (non calcola) quello che interessa (le frequenze di risonanza), senza limiti di profondità nell'intervallo di interesse ingegneristico. Il parametro nel caso specifico viene **misurato** e non *derivato* da altre relazioni più o meno complicate con errori che si propagano ad ogni passaggio.

I risultati che si possono ottenere sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi.
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo.



E' necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V. E' inoltre possibile calcolare la $V_{S,eq}$ e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle NTC 2018.

Le misurazioni del rumore ambientale sono state effettuate con un **Vibralog** della M.A.E., un sismografo triassiale con geofoni da 4,5Hz dotato di 3 sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I segnali così acquisiti (sismogrammi) sono stati successivamente elaborati con un software basato su linee guida del progetto di ricerca SESAME (European Research Project- 2004) impostando i seguenti parametri:

- larghezza della finestra di analisi.;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti;

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica può essere ricavata dalla formula semplice della risonanza:

$$H = \{V_o(1-X)/4fr + 1\} 1/1-X - 1$$

Dove V_o è la velocità al tetto dello strato, X un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.) e fr la frequenza fondamentale di risonanza.

Mediante l'elaborazione dei dati è stato possibile ottenere la curva H/V e partendo da questa calcolare la $V_{S,eq}$.

La stima del valore $V_{S,eq}$ a partire da misure H/V a stazione singola, è possibile se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock o bedrock-like. E' immediato calcolare il valore di $V_{S,eq}$ attraverso misure di fr .

Se $H > 30$ m, il valore V_{s30} viene calcolato direttamente dalla

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H} \quad [1]$$

Se $H \leq 30\text{m}$, allora:

$$V_{S30} = \frac{30}{t_H + t_{30-H}} = \frac{30}{\frac{1}{4f_r} + \frac{(30-H)}{V_B}}$$

Dove, V_B è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Nell'effettuare i sondaggi sismici nell'area interessata dal progetto, le fasi operative si sono così succedute:

- Predisposizione del sismografo e del contenitore dei geofoni sul piano campagna ed avvio della prova predisponendo la frequenza di campionamento (250Hz) e la durata (15 min.) della prova.

- I dati rilevati dal sismografo sono stati registrati in una scheda SD per la loro successiva elaborazione.

Lo studio ed interpretazione dei vari dati prevede l'analisi spettrale con l'individuazione della curva HVSR e quindi della frequenza di picco f_0 . Con i dati ottenuti è stato quindi possibile realizzare la modellazione del profilo delle $V_{S,eq}$.

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati dell'elaborazione.

Dalle registrazioni del rumore sismico, sono stati ricavati ed analizzati vari dati tra cui le curve (*sismogrammi*) dello spettro di velocità delle tre componenti del moto: verticale; Nord-Sud ed Est-Ovest.

Dalla inversione delle misure di tremore, si è ricostruito il modello del sottosuolo in termini di profili di velocità V_s . Attraverso l'analisi di più modelli teorici, sono state esaminate le variazioni dei rapporti tra V_s , V_p , f_r ed H .

E' così possibile calcolare il parametro $V_{S,eq}$ e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica. **Per la zona indagata la categoria risulta :**

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = \text{"B"}, \text{ con } 360 < V_{S,eq} < 800 \text{ m/s.}$$

HVlab report

sito: Recapito finale Est – Squinzano (LE)

lat: 40,444251 (40° 26' 39.3036'') -

lon: 18,055295 (18° 03' 19.062'') -

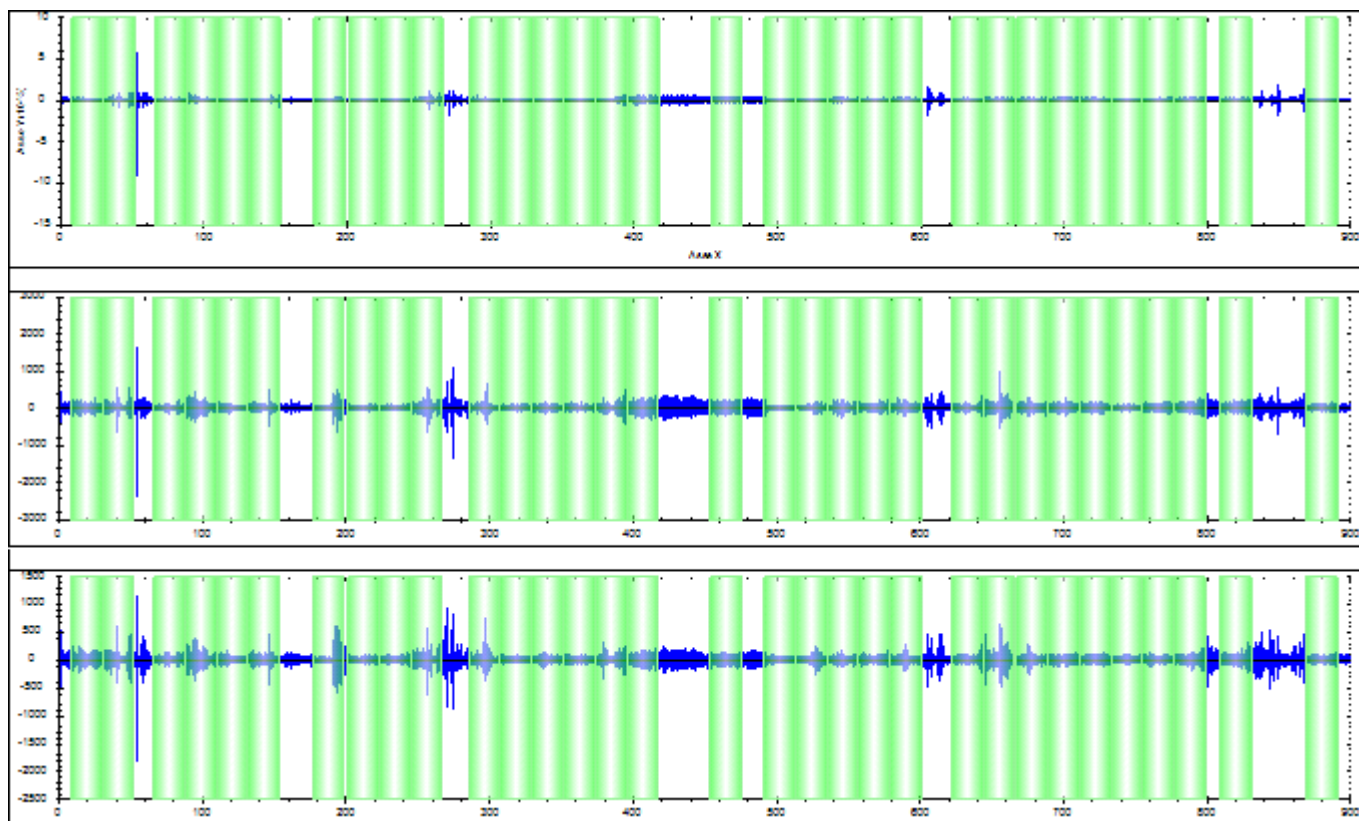
DETTAGLI ACQUISIZIONE

strumento: M.A.E. Vibralog

file: SQ0.BIN

data: 09/01/2022

durata: 00:15:00



ELABORAZIONE

frequenza di campionamento: 250 Hz

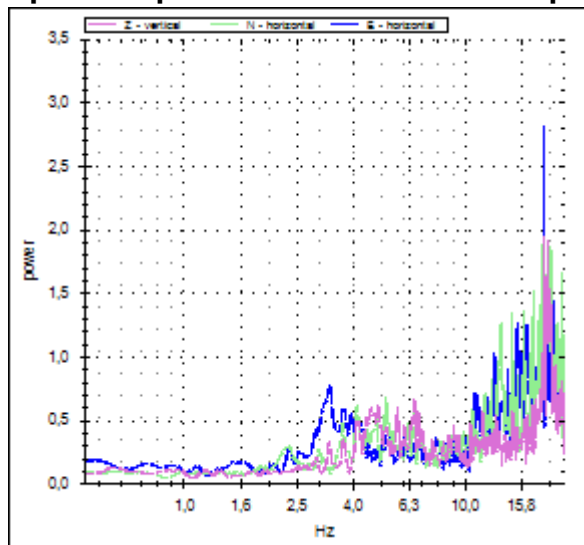
finestre temporali (nw): 32

tempo di ogni finestra (Lw): 22 s

intervallo di ricerca: 0,4-22,5 Hz

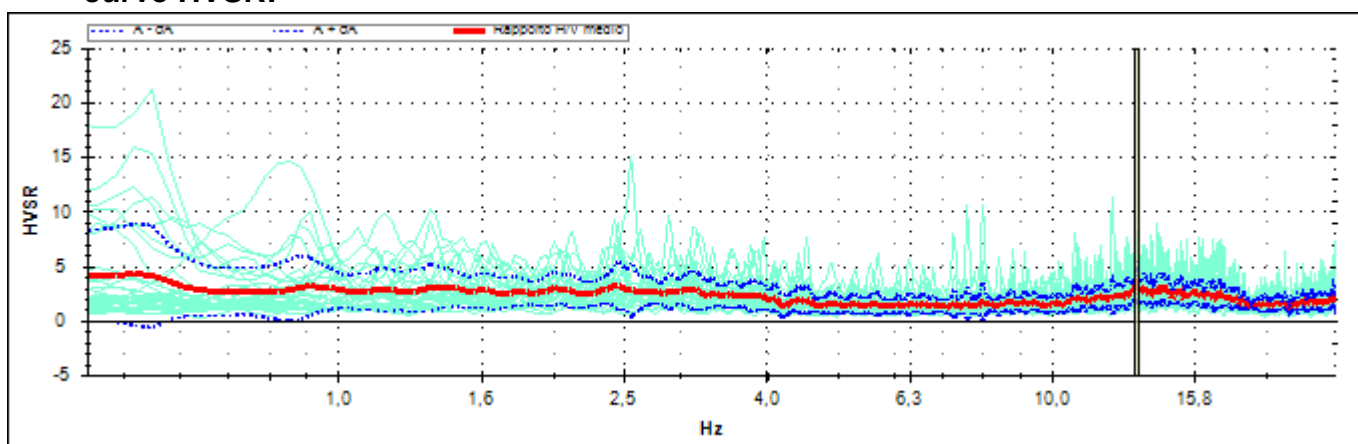
costante di lisciamiento: 5

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:07-00:00:29



RISULTATI

curve HVSR:



frequenza di picco (f_0): $13,12 \pm 0,13$ Hz

classificazione picco: **evidente**

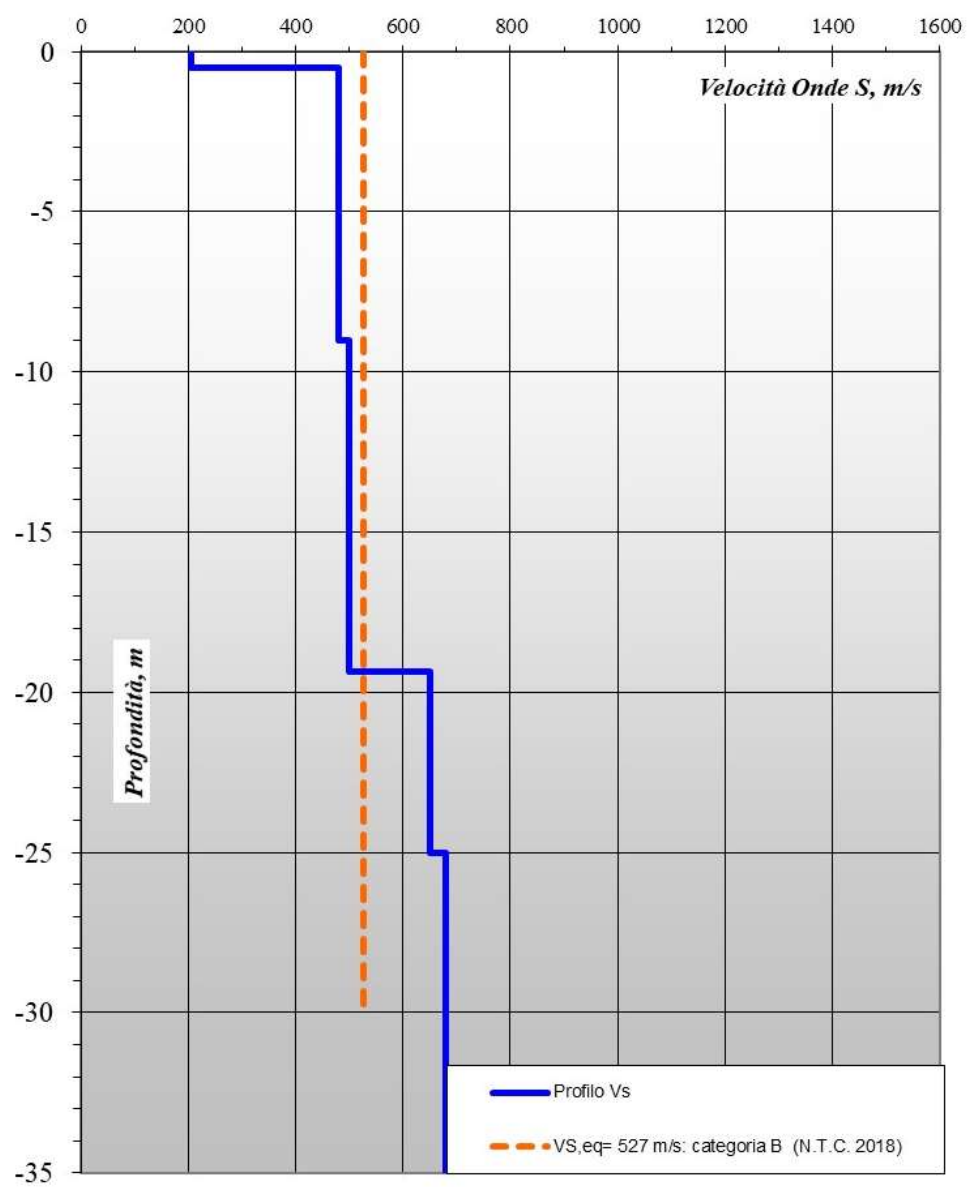
dettagli affidabilità:

- 1) $f_0 > 10/L_w$: **SI** ($13,12 > 0,45$)
- 2) $nc(f_0) > 200$: **SI** ($9238 > 200$)
- 3) per $f_0/2 < f < 2f_0$, $\sigma A(f) < 2$: **SI** ($\max \sigma A(f) = 2,0$)

dettagli evidenza:

- 1) $A(f_-) < A_0/2$: **SI** ($f_- = 4,12$ Hz)
- 2) $A(f_+) < A_0/2$: **SI** ($f_+ = 18,34$ Hz)
- 3) $A_0 > 2$: **SI** ($A_0 = 3,4$)
- 4) $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$: **NO** ($D_f = 0,95$)
- 5) $\sigma f < \varepsilon(f_0)$: **SI** ($\sigma f = 0,13$; $\varepsilon(f_0) = 0,66$)
- 6) $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$: **SI** ($\sigma A(f_0) = 1,43$; $\theta(f_0) = 1,58$)

Modello Vs





INDAGINE SISMICA 1



INDAGINE SISMICA 2

I criteri normativi raccomandati dalla Comunità Europea attraverso l'Eurocodice 8 propongono di garantire un definito livello di protezione rispetto a scuotimenti sismici che hanno un'elevata probabilità (90%) di non essere superati nell'arco di 50 anni. Considerando che l'azzeramento del rischio non è praticamente realizzabile, tale criterio comunitario assicura di contenere in un limite assai basso (10%) il rischio che eventi sismici possano produrre sollecitazioni superiori a quelle che le opere ingegneristiche possono sopportare.

La figura di seguito, riporta uno stralcio della Carta della pericolosità sismica riferito al territorio salentino: l'area interessata dall'intervento di progetto risulta classificata come zona a bassa pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Cat. A così come definiti al p.to 3.2.1 del D.M. 14/09/2005) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Nell'attuale impostazione del testo unico per le costruzioni, la normativa costituita dal testo integrato delle OPCM 3274 (20/3/2003); 3316 (2/10/2003); 3431 (3/5/2005) costituirebbe insieme all'eurocodice 8 il riferimento per il conseguimento degli obiettivi di sicurezza e prestazionali prefissi.

A seguito dell'*ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003* (come integrata e modificata dall'OPCM 3316), recante *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* il territorio nazionale è stato suddiviso in n° 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di categoria A). I valori convenzionali di a_g (espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g) attribuiti a ciascuna zona sismica, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un periodo di ritorno di 475 anni)

A seguito di tale ordinanza, la Regione Puglia ha emanato la *Deliberazione di Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153* con la quale ha provveduto alla prima, benché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale. L'Allegato 1 di tale deliberazione classifica tutti i comuni pugliesi in 4 zone sismiche. Il territorio comunale di Squinzano, al pari di quello degli altri comuni della provincia di Lecce, rientra in zona sismica 4 corrispondente al "Non Classificato" sia della precedente classificazione (Decreti sino al 1984) che della proposta di riclassificazione elaborata dal Gruppo di

Lavoro appositamente costituito dalla Commissione Nazionale Grandi Rischi con risoluzione del 23.04.1997.

Sebbene la Zona Sismica 4 sia quella caratterizzata dal più basso rischio sismico, la normativa, recepita anche a livello regionale, prevede per la progettazione di alcune categorie di edifici individuati quali strategici e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale collasso degli stessi (si veda quanto riportato nell'All. 2 della Delib. G.R. n. 153 del 2 marzo 2004), di adottare le stesse norme tecniche previste per la Zona Sismica 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di ***ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido)***.

Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Alla luce di indagini condotte, queste consentono di fornire un profilo verticale medio delle $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per la zona indagata risulta categoria “B”, con $V_{S,eq} = 527$ m/s

5 · PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base”, nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- ✓ ***ag*** *accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale;*
- ✓ ***Fo*** *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*
- ✓ ***Tc**** *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).*

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento.

Le accelerazioni orizzontali massime attese al bedrock (a_g) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_o , T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_r) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (PV_r) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r).

Il periodo di riferimento dell'opera (V_r) si ottiene dal prodotto tra la Vita Nominale (V_n), intesa come il numero di anni nel quale l'opera è utilizzata allo scopo a cui è stata destinata, e il Coefficiente d'uso (C_u), funzione della Classe d'uso della costruzione (cfr. paragrafo 2.4.3 delle NTC 2018).

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Periodo di riferimento sismico

Le azioni sismiche vengono valutate mediante il "Periodo di Riferimento" V_R , ottenuto dal prodotto della vita nominale per il coefficiente d'uso di cui sopra. $V_R = V_N \times C_U$



SITO IN ESAME. RECAPITO FINALE EST SQUINZANO

latitudine: 40,445232
 longitudine: 18,056075
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento ID	Lat	Lon	Distanza (m)
34590	40,4435	18,0235	2763,482
34591	40,4408	18,0891	2835,361
34369	40,4907	18,0926	5927,604
34368	40,4934	18,0270	5893,400

Coordinate dei vertici della griglia di riferimento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Stato limite	Probabilità di superamento	Tr	ag	Fo	Tc*
SLO	81 %	30[anni]	0,013 g	2,393	0,151[s]
SLD	63%	50[anni]	0,018 g	2,306	0,192[s]
SLV	10%	475[anni]	0,046 g	2,422	0,480[s]
SLC	5%	975[anni]	0,058 g	2,509	0,542[s]

Operatività (SLO), Danno (SLD), Salvaguardia della vita (SLV), Prevenzione dal collasso (SLC), Tr = tempo di ritorno, ag = accelerazione orizzontale massima al sito, Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, TC = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

Stato limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax	Beta
SLO	1,200	1,610	1,000	0,003	0,002	0,150	0,200
SLD	1,200	1,530	1,000	0,004	0,002	0,207	0,200
SLV	1,200	1,270	1,000	0,011	0,006	0,546	0,200
SLC	0,200	1,240	1,000	0,014	0,007	0,685	0,200

Ss = Coeff. di amplificazione stratigrafica, ST = Coeff. di amplificazione topografica, Kh = coefficiente di accelerazione sismica orizzontale, KV = coefficiente di accelerazione sismica verticale, Amax = accelerazione massima al sito

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{vr}) nel periodo di riferimento dell'opera (V_r) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NTC 2018).

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2008, sono stati considerati due stati limite:

- Stato Limite di Danno, **SLD** (in esercizio);
- Stato Limite di salvaguardia della Vita, **SLV** (a rottura).

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{vr}) sono forniti dalla Tabella 3.2.1 delle NTC 2018 (Fig. 7).

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{vr} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{vr} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Fig. 7: Probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale al bedrock in funzione dello stato limite considerato (Tabella 3.2.I delle NTC 2008). In rosso sono evidenziati gli stati limite considerati.

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (T_r) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_r = \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})}$$

da cui si ottengono i seguenti periodi di ritorno (T_r):

- T_r pari a **50 anni**, per lo Stato Limite di Danno (**SLD**);
- T_r pari a **475 anni**, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**).

Calcolati i periodi di ritorno per i due stati limite sono stati definiti, in accordo alle NTC 2018, i valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale validi per il territorio interessato dal progetto.

La sismicità dell'area salentina risulta molto bassa, sia i dati storici che quelli strumentali non evidenziano criticità nella pericolosità sismica di base, pertanto, nelle NTC 2018 (cfr. Allegato B, Tabella 1) si ritiene ragionevole assumere un valore uniforme di accelerazione orizzontale massima al bedrock (a_g), come riportato in Figura 8.

ID	LON	LAT	T _r =35			T _r =50			T _r =72			T _r =101			T _r =140			T _r =201			T _r =475			T _r =975			T _r =2475		
			a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g	a _g	F _g	T _g
33257	17.979	40.746	0.113	2.36	0.14	0.160	2.31	0.16	0.194	2.35	0.22	0.230	2.31	0.29	0.268	2.36	0.32	0.309	2.42	0.35	0.408	2.55	0.43	0.505	2.65	0.47	0.630	2.94	0.52
33632	17.985	39.694	0.168	2.35	0.16	0.226	2.33	0.24	0.273	2.34	0.30	0.317	2.40	0.33	0.360	2.47	0.36	0.409	2.49	0.41	0.568	2.55	0.51	0.688	2.65	0.54	0.906	2.79	0.58
36910	17.990	39.944	0.166	2.36	0.16	0.223	2.34	0.24	0.270	2.34	0.30	0.314	2.38	0.33	0.368	2.46	0.36	0.404	2.48	0.41	0.562	2.53	0.51	0.682	2.64	0.54	0.909	2.79	0.58
36569	17.992	39.694	0.164	2.36	0.16	0.220	2.34	0.24	0.266	2.33	0.29	0.310	2.38	0.33	0.352	2.44	0.36	0.399	2.46	0.41	0.546	2.52	0.52	0.684	2.63	0.55	0.888	2.76	0.58
36396	17.996	40.044	0.161	2.37	0.16	0.216	2.35	0.23	0.262	2.32	0.29	0.306	2.37	0.33	0.348	2.43	0.36	0.394	2.46	0.41	0.538	2.51	0.52	0.674	2.62	0.56	0.874	2.76	0.59
36144	17.999	40.094	0.159	2.37	0.16	0.212	2.36	0.23	0.258	2.31	0.29	0.301	2.36	0.33	0.343	2.42	0.36	0.389	2.45	0.41	0.531	2.50	0.52	0.662	2.62	0.55	0.852	2.76	0.59
35922	18.003	40.144	0.155	2.37	0.16	0.208	2.36	0.23	0.254	2.30	0.29	0.297	2.35	0.33	0.334	2.40	0.36	0.384	2.47	0.39	0.522	2.48	0.53	0.650	2.61	0.56	0.839	2.76	0.59
35700	18.006	40.194	0.152	2.37	0.16	0.203	2.37	0.23	0.249	2.29	0.29	0.292	2.34	0.33	0.333	2.39	0.36	0.379	2.45	0.39	0.515	2.48	0.53	0.639	2.60	0.56	0.822	2.75	0.59
35478	18.01	40.244	0.149	2.37	0.16	0.199	2.37	0.23	0.244	2.28	0.29	0.287	2.32	0.33	0.329	2.37	0.36	0.375	2.43	0.38	0.508	2.44	0.52	0.630	2.58	0.56	0.808	2.74	0.59
35256	18.013	40.294	0.146	2.37	0.16	0.195	2.37	0.22	0.240	2.28	0.29	0.283	2.31	0.33	0.324	2.36	0.36	0.369	2.41	0.38	0.501	2.42	0.52	0.621	2.58	0.56	0.795	2.71	0.59
35034	18.017	40.344	0.142	2.37	0.16	0.191	2.36	0.22	0.235	2.28	0.29	0.277	2.29	0.33	0.317	2.36	0.36	0.361	2.41	0.38	0.492	2.41	0.51	0.613	2.53	0.56	0.784	2.69	0.58
34812	18.02	40.394	0.139	2.37	0.15	0.187	2.36	0.21	0.229	2.26	0.28	0.270	2.29	0.32	0.309	2.36	0.35	0.353	2.42	0.38	0.481	2.42	0.51	0.599	2.53	0.55	0.773	2.66	0.58
34590	18.024	40.443	0.133	2.37	0.15	0.182	2.36	0.21	0.223	2.29	0.28	0.263	2.28	0.32	0.302	2.35	0.35	0.346	2.41	0.38	0.472	2.44	0.47	0.590	2.51	0.54	0.761	2.65	0.57
34368	18.027	40.493	0.129	2.37	0.15	0.177	2.36	0.20	0.218	2.30	0.28	0.260	2.28	0.32	0.294	2.35	0.34	0.338	2.41	0.37	0.465	2.44	0.46	0.574	2.53	0.53	0.744	2.60	0.56
34146	18.031	40.543	0.123	2.38	0.15	0.172	2.36	0.19	0.209	2.32	0.28	0.248	2.27	0.31	0.286	2.35	0.34	0.329	2.41	0.37	0.449	2.46	0.46	0.558	2.54	0.53	0.724	2.68	0.56
33924	18.034	40.593	0.118	2.38	0.15	0.166	2.31	0.18	0.201	2.34	0.23	0.241	2.27	0.30	0.278	2.35	0.33	0.318	2.42	0.37	0.435	2.49	0.45	0.544	2.55	0.52	0.702	2.71	0.55
33702	18.036	40.643	0.111	2.38	0.14	0.158	2.32	0.18	0.194	2.35	0.22	0.232	2.29	0.29	0.269	2.34	0.33	0.310	2.42	0.36	0.418	2.53	0.44	0.528	2.57	0.51	0.679	2.74	0.54
33480	18.041	40.693	0.105	2.64	0.10	0.153	2.32	0.18	0.187	2.35	0.21	0.224	2.31	0.28	0.260	2.33	0.32	0.301	2.42	0.35	0.401	2.57	0.43	0.508	2.60	0.51	0.652	2.78	0.53
33258	18.047	39.642	0.160	2.37	0.16	0.224	2.35	0.23	0.272	2.34	0.29	0.317	2.38	0.33	0.365	2.47	0.36	0.411	2.48	0.40	0.568	2.52	0.50	0.720	2.68	0.53	0.911	2.71	0.59
33033	18.05	39.692	0.165	2.38	0.16	0.222	2.35	0.23	0.270	2.34	0.29	0.314	2.39	0.32	0.363	2.46	0.35	0.408	2.48	0.40	0.565	2.50	0.50	0.724	2.68	0.54	0.904	2.71	0.59
32811	18.054	39.642	0.163	2.38	0.16	0.219	2.35	0.23	0.267	2.34	0.29	0.311	2.38	0.32	0.355	2.45	0.35	0.403	2.47	0.40	0.561	2.49	0.51	0.718	2.67	0.54	0.903	2.71	0.57
32589	18.057	39.691	0.161	2.38	0.16	0.215	2.36	0.23	0.263	2.33	0.29	0.306	2.37	0.32	0.351	2.44	0.35	0.399	2.46	0.40	0.555	2.48	0.51	0.710	2.66	0.54	0.901	2.69	0.57
32367	18.061	40.041	0.159	2.38	0.16	0.211	2.37	0.23	0.259	2.32	0.29	0.303	2.36	0.32	0.348	2.42	0.35	0.394	2.49	0.38	0.548	2.46	0.51	0.699	2.65	0.55	0.926	2.67	0.58
32145	18.064	40.091	0.155	2.38	0.16	0.207	2.37	0.23	0.254	2.31	0.29	0.299	2.34	0.32	0.341	2.40	0.35	0.389	2.47	0.38	0.540	2.45	0.51	0.687	2.64	0.55	0.908	2.68	0.59
31923	18.068	40.141	0.152	2.38	0.16	0.202	2.38	0.23	0.250	2.30	0.29	0.294	2.33	0.32	0.336	2.39	0.35	0.383	2.45	0.38	0.531	2.43	0.52	0.673	2.64	0.55	0.886	2.66	0.59
31701	18.071	40.191	0.149	2.38	0.16	0.198	2.38	0.22	0.244	2.29	0.29	0.288	2.32	0.32	0.331	2.37	0.35	0.378	2.43	0.38	0.521	2.41	0.52	0.659	2.63	0.55	0.885	2.66	0.59
31479	18.075	40.241	0.145	2.39	0.16	0.194	2.38	0.22	0.239	2.29	0.29	0.282	2.31	0.32	0.325	2.36	0.35	0.372	2.41	0.37	0.511	2.39	0.52	0.644	2.62	0.56	0.843	2.66	0.59
31257	18.078	40.291	0.141	2.39	0.16	0.189	2.38	0.21	0.232	2.29	0.29	0.276	2.29	0.32	0.318	2.34	0.35	0.364	2.40	0.37	0.502	2.38	0.52	0.631	2.60	0.56	0.822	2.65	0.60
31035	18.082	40.341	0.136	2.40	0.15	0.184	2.38	0.21	0.226	2.30	0.29	0.269	2.28	0.32	0.311	2.33	0.35	0.355	2.40	0.37	0.488	2.39	0.52	0.618	2.49	0.56	0.802	2.64	0.60
30813	18.086	40.391	0.130	2.40	0.15	0.179	2.38	0.20	0.218	2.32	0.28	0.262	2.27	0.31	0.302	2.33	0.34	0.346	2.40	0.37	0.478	2.38	0.51	0.601	2.48	0.56	0.785	2.62	0.59
30591	18.089	40.441	0.125	2.41	0.15	0.173	2.32	0.20	0.210	2.33	0.28	0.254	2.25	0.31	0.293	2.33	0.34	0.336	2.40	0.37	0.465	2.39	0.51	0.585	2.49	0.55	0.767	2.61	0.58

Fig. 8: Valori di accelerazione orizzontale massima (in g/10), attesi al bedrock con superficie topografica orizzontale, nel territorio interessato dal progetto, per i periodi di ritorno considerati (50 anni per SLD e 475 anni per SLV). In rosso sono evidenziati i valori di ag e gli stati limite considerati.

In Tabella 5/A sono riportati, per ciascun stato limite considerato, i valori di ag al bedrock utilizzati in questo studio per l'analisi dell'azione sismica nell'area di progetto.

STATO LIMITE	ag (g)
SLD (Tr 50 anni)	0.0185
SLV (Tr 475 anni)	0.0481

Tab. 1: Valori di accelerazione orizzontale massima attesi al bedrock (ag) con superficie topografica orizzontale definiti per l'analisi dell'azione sismica nelle aree dei tracciati in progetto.

6 • RISPOSTA SISMICA LOCALE

La normativa italiana, come del resto la normativa europea e i più recenti codici internazionali, ha modificato l'approccio alla valutazione della sismicità di un'area.

Come descritto nel paragrafo precedente, essa è definita da una osservazione del fenomeno sismico “*dal basso*” e “*a priori*”:

- *dal basso*, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo (bedrock) verso la superficie libera;
- *a priori*, poiché la pericolosità sismica di base tiene conto esclusivamente del movimento sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito.

In definitiva, identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido (bedrock), è necessario valutare la loro variazione (amplificazione) negli strati più superficiali (risposta sismica locale).

Le norme di riferimento (NTC 2018) definiscono la risposta sismica locale (S) di un sito attraverso la stima di due parametri:

- Categoria di Sottosuolo;
- Condizione Topografica;

CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Il sottosuolo nelle NTC 2008 è suddiviso in cinque classi di riferimento, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. I diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico con variazioni dell'accelerazione di picco e del contenuto in frequenza.

La classificazione individua sottosuoli a rigidezza decrescente, a partire dal sottosuolo tipo A, costituito praticamente da roccia affiorante o ricoperta da uno strato meno rigido, con spessore massimo di 3 m, fino a sottosuoli molto deformabili e suscettibili di fenomeni di rottura per la sola azione sismica. Per maggior chiarezza si riportano di seguito le classi di suolo secondo le NTC 2018:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Pertanto, la scelta definitiva della categoria di sottosuolo da adottare per determinare i parametri di risposta sismica locale, si è basata su un approccio di tipo cautelativo, ossia, considerando ai fini della progettazione, la condizione litologica di sito più sfavorevole presente: **Categoria di sottosuolo B.**

Definita la categoria di sottosuolo è possibile calcolare i seguenti coefficienti (Tabella 3.2.II delle NTC 2018):

- coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S , necessario per calcolare l'accelerazione di picco al suolo a_{gs} (o PGA);
- coefficiente funzione della categoria di sottosuolo C_c , necessario per il calcolo del periodo T_C e quindi della velocità orizzontale massima attesa al suolo V_g (o PGV).

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di S_S e di C_c*

Categoria sottosuolo	S_S	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Fig. 9: Definizione dei parametri sismici S_S e C_c in accordo alla Tabella 3.2.IV, NTC 2018

CONDIZIONE TOPOGRAFICA

La condizione topografica di un sito nelle NTC 2008 è definita mediante l'attribuzione di una Categoria Topografica al luogo.

La classificazione del territorio in categorie avviene semplificando le caratteristiche della superficie topografica (pendenza media e morfologia) e considerando l'ubicazione del sito (base, sommità, ecc), rispetto a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali (creste o dorsali allungate), con altezze maggiori di 30 metri.

Le NTC 2018 assegnano a ciascuna Categoria Topografica un Coefficiente di amplificazione topografica (S_T) (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Questo coefficiente, insieme al coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s), precedentemente descritto, è necessario per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

Le caratteristiche topografiche dell'area sono state stimate in accordo alla Tabella 3.2.V delle NTC 2018, ossia identificando le caratteristiche medie della superficie topografica (cfr. Figura 10).

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Fig. 10: Definizione delle Categorie Topografiche in accordo alla Tabella 3.2.V, NTC 2018.

E' possibile attribuire una **Categoria topografica T1**, corrispondente ad un coefficiente di amplificazione sismica (S_T) pari a 1.0 (cfr. Figura 10).

Il coefficiente di amplificazione topografica S_T e il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

La stima dell'accelerazione di picco in superficie a_{gs} (PGA) lungo il tracciato si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo rigido a_g :

$$a_{max} = a_g * S = a_g * S_s * S_T$$

Il coefficiente S , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_S * S_T$$

in cui S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tabella 3.2.IV delle NTC 2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica.

In fig. 9 sono riportati i valori di accelerazione orizzontale massima attesi al suolo a_{gs} (PGA), in accordo alle NTC 2018.

STATO LIMITE	a_{gs} (PGA) (g)
SLD (Tr=50 anni)	0.025
SLV (Tr=475 anni)	0.065

Tab.2: Valori di accelerazione orizzontale massima attesi al suolo a_{gs} (PGA) NTC 2018

Una completa analisi dell'azione sismica attesa in un sito prevede anche la stima delle massime velocità orizzontale al suolo (V_g o PGV) per gli stati limite considerati.

Le norme tecniche per le costruzioni NTC 2018 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tale velocità:

$$V_g = PGV = 0,16 * a_g * S * T_C$$

a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g);

S : fattore di risposta sismica locale;

T_C : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo parametro si ottiene dalla formula:

$$T_C = C_C * T^*_C$$

dove T^*_C è definito, insieme al valore di a_g , nella Tabella 1 delle NTC 2018, mentre C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

In Tabella 3 sono riportati i valori di velocità orizzontale massimi attesi al suolo V_g (PGV) nell'area in esame definiti mediante la suddetta relazione.

STATO LIMITE	V_g (PGV) (m/s)
SLD (Tr=50 anni)	0.012
SLV (Tr=475 anni)	0.056

Tab. 3: Valori di velocità orizzontale massima attesi al suolo V_g (PGV) NTC 2018

CONCLUSIONI

In conclusione, i dati raccolti ed analizzati hanno permesso di delineare le caratteristiche di base della sismicità e della pericolosità sismica del territorio in cui è ubicata l'area di progetto.

La sismicità storica dell'area interessata è stata studiata consultando i più recenti e dettagliati cataloghi di riferimento (CPTI15 e DBMI15, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV). L'analisi ha evidenziato che l'area è caratterizzata da un indice di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

Lo studio delle accelerazioni sismiche orizzontali massime attese al bedrock ed in superficie e delle velocità orizzontali di picco lungo i tracciati in progetto è stato eseguito, in accordo alle vigenti norme NTC 2018, per differenti stati limite e ha fornito i valori indicati in Tabella 4 riportata di seguito:

STATO LIMITE	a_g (g)	a_{gs} (PGA) (g)	V_g (PGV) (m/s)
SLD (Tr=50 anni)	0.0185	0.025	0.012
SLV (Tr=475 anni)	0.0481	0.065	0.056

Tab. 4: Valori massimi di accelerazione e velocità orizzontale attesi per i due stati limite in accordo alle NTC 2018

Il sottosuolo è caratterizzato da valori di $V_{S,eq} = 527$ m/s. Secondo quanto indicato nel D.M 17/01/2018, i suoli con velocità media di taglio V_s compresi tra 360 m/s e 800 m/s ricadono in categoria B.

Lecce, gennaio 2021

dott. geol.

Luca ORLANDUCCI

