



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL
TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA

SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

CONCESSIONARIO		PROGETTISTA
 SPV srl Via Inverio, 24/A 10146 Torino		  Ingegneria Grandi Opere S.r.l. Via Inverio, 24/A 10146 Torino
Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06 subentrato all'ATI  Consorzio Stabile fra le Imprese:    <small>SJS Scpa Via Inverio, 24/A 10146 Torino</small> <small>SACYR S.A.</small> <small>INC S.p.A.</small> <small>SPAL S.p.A.</small>  <small>INFRASTRUCTURAS S.A. Paseo de la Castellana, 83-85 28046 Madrid</small>		
RESPONSABILE PROGETTAZIONE	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI
 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO 1211 <i>Dott. Ing. Claudio Dogliani</i>	 Dott. Ing. GEORGIOS KALAMARAS n° 8178 H	 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI POTENZA Ing. TROCCOLI N° 836
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	GEOLOGO	
 Arch. Roberto BONOMI R. 3101	 ALESSIO Carlo - N° 255 -	 ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO Dott. Ing. TURSO Adriano n° 1400 Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione

N. Progr. _____
CARTELLA N. _____

PROGETTO DEFINITIVO
(C.U.P. H51B03000050009)

LOTTO 3 - TRATTA "F"
Dal Km. 54+755 al Km 55+495

TITOLO ELABORATO:

**DOCUMENTAZIONE GENERALE
SISMICA
RELAZIONE SISMICA**

P V D S I G E G E 3 F 0 0 0 - 0 0 1 0 0 0 1 R A 0

SCALA: -

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	PRIMA EMISSIONE	IGO	05/03/2012	IGO	09/03/2012	SIS	14/03/2012

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe FASIOL

IL COMMISSARIO:

Ing. Silvano VERNIZZI

VALIDAZIONE:

PROTOCOLLO : _____

DEL: _____

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
3. INQUADRAMENTO SISMICO	3
3.1.1 Sismicità storica.....	3
3.1.2 Strutture sismogenetiche	5
3.1.3 Classificazione sismica del territorio	6
4. INDAGINI FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA	9
5. STRATEGIA DI PROTEZIONE SISMICA	10
6. CRITERI DI VERIFICA	14
7. VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA	15
8. DEFINIZIONE DEI DATI SISMICI DI PROGETTO	19

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta nell'ambito del progetto definitivo, elaborato per conto dell'A.T.I. Consorzio SIS-Itinere, affidataria della concessione della Superstrada a pedaggio Pedemontana Veneta.

In questo documento sono illustrati i criteri di progettazione sismica adottati per il Progetto Definitivo in oggetto, nonché la classificazione sismica del territorio interessato dalle opere rientranti nel Lotto 3 Tratta F compreso tra le progressive chilometriche 54+755 e Km 55+495; questa tratta si estenderà per una lunghezza complessiva di 740m circa nel Comune di Riese Provincia di Treviso

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione degli elementi strutturali soggetti ad azioni sismiche è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente. In particolare il capitolo 7 del NTC2008 – Norme Tecniche delle costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008 è riservato alla progettazioni delle opere sottoposte a tali azioni, che va ad integrarsi alle indicazioni riportate nei Cap. 4, 5 e 6. Inoltre si fa sempre riferimento a quanto indicato nel Cap. 2 per la valutazione della sicurezza e nel Cap. 3 per la valutazione dell'azione sismica.

In particolare nel capitolo relativo ai ponti la normativa fornisce criteri e regole per il progetto di tali opere per i quali è previsto un sistema d'isolamento sismico, allo scopo di migliorarne la risposta nei confronti delle azioni sismiche orizzontali. La riduzione della risposta sismica orizzontale, qualunque siano la tipologia e i materiali strutturali della costruzione, può essere ottenuta mediante una delle seguenti strategie d'isolamento, o mediante una loro appropriata combinazione:

- a) incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta;
- b) limitando la massima forza orizzontale trasmessa.

3. INQUADRAMENTO SISMICO

La caratterizzazione sismica di un territorio si basa da un lato sulla conoscenza degli eventi sismici già avvenuti, localizzati all'interno del territorio stesso o risentiti da aree contigue e, dall'altro, sulla conoscenza delle potenziali sorgenti geologiche esistenti e ritenute in grado di produrre terremoti significativi, anche a prescindere dal fatto che tali terremoti si siano o meno già verificati.

Informazioni sugli eventi già avvenuti vengono acquisite su base storico-documentale, analizzando cioè documenti di archivio che abbiano registrato gli effetti dei terremoti avvenuti in epoca storica; tale procedura dipende fortemente dalla disponibilità e dalla qualità di tali documenti ed è quindi influenzata dall'esistenza in epoca storica di fonti (registri parrocchiali, archivi pubblici) e dalla loro conservazione e accessibilità. Per i terremoti più forti e più antichi è poi possibile riconoscere, sulla base di ricerche mirate, l'esistenza di particolari strutture geologiche (ad es. dislocazioni o liquefazioni) che abbiano interessato sedimenti quaternari databili con una certa accuratezza. Infine, per i terremoti più recenti, vengono utilizzate le registrazioni strumentali effettuate dalle reti sismiche regionali e nazionali esistenti sul territorio.

3.1.1 Sismicità storica

L'area di interesse appartiene alle zone sismiche 7 (Lessini) e 6 (Prealpi trevigiane e bellunesi) del catalogo dei terremoti storici NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1997) (Figura 3.1).

Questo catalogo, compilato prevalentemente sulla base dell'interpretazione di fonti storiche (eccetto che per gli eventi più recenti, supportati da misurazioni strumentali), riporta gli eventi sismici storicamente documentati che abbiano superato la soglia del danno, per un arco di circa 2.000 anni. La posizione stimata dell'epicentro di ciascun evento e la sua intensità massima osservata (I_x , espressa in unità MCS), convertita poi in magnitudo (M_s , espressa in gradi Richter), insieme a molti altri parametri relativi alla qualità della stima, forniscono un'indicazione del massimo terremoto atteso, in una certa area, con la finalità di valutare la pericolosità sismica.

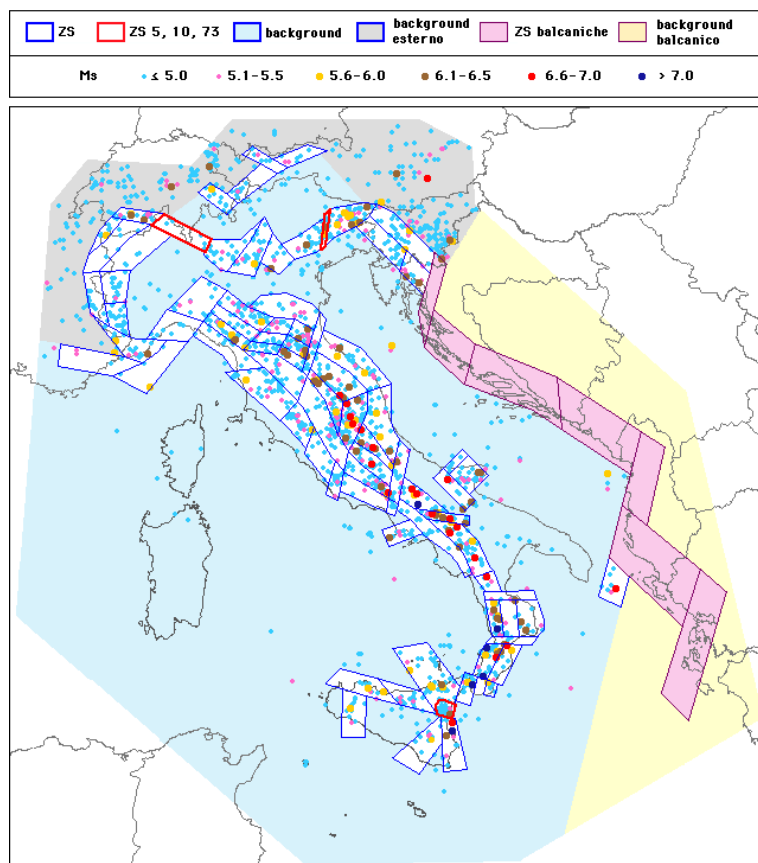


Figura 3.1: Zone sismiche NT4.1

Dall'analisi dei dati, risulta che per la Zona sismica 7 (Lessini) i terremoti più forti registrati sono localizzati nel settore veronese. In parte questo fatto è certamente influenzato, almeno per gli eventi più antichi, dalla presenza di fonti storiche concentrate negli insediamenti più importanti e antichi. Il maggiore evento è comunque il ben noto terremoto del 1117 DC (localizzato genericamente nel veronese, I_x 9-9.5, M_s 6.4). Terremoti più vicini all'area di interesse sono quelli localizzati a: Tregnago (VR, Valle di Illasi, 1892 e 1894, I_x 7.0, M_s 5.0); Schio (1815, I_x 5.5, M_s 4.2); Recoaro (1897, I_x 5.5, M_s 4.2); Crespadoro (VI, Valle del Chiampo, 1908, I_x 6.0, M_s 4.7); Posina (VI, Val d'Astico, 1968, I_x 6.0, M_s 4.3); Pasubio (TN, 1989, I_x 6.5, M_s 4.0).

Per quanto riguarda invece la Zona sismica 6 (Prealpi trevigiane e bellunesi), l'evento principale è senza dubbio il terremoto di Asolo (TV) del 1695 (I_x 9-9.5, M_s 6.4); nella stessa località si sono poi succeduti eventi minori (1887, 1919, 1921, I_x 4.0-7.0, M_s 5.0). Altri eventi significativi si sono verificati a Bassano del Grappa (VI, 1836, I_x 8.0-7.5, M_s 5.2) e a Valdobbiadene (TV, 1860, 1895, 1900, 1943, I_x 6.0-7.0, M_s 4.4-5.0).

Gli eventi sismici più recenti relativi al periodo 1981-2001 sono rappresentati in Figura 3.2.

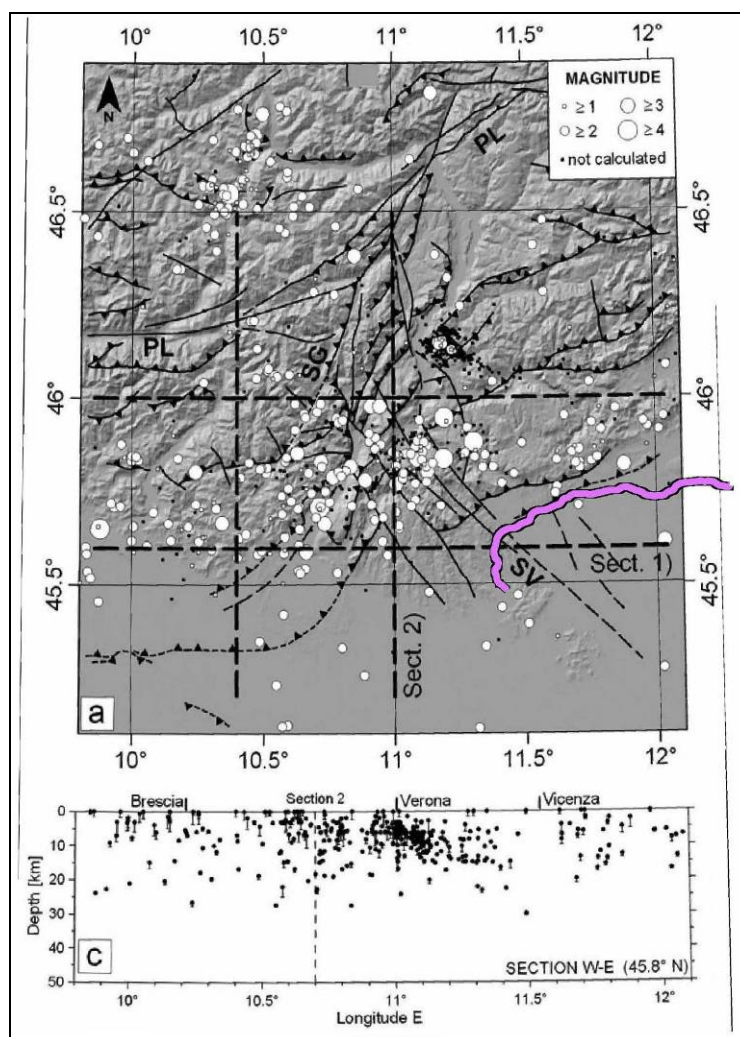


Figura 3.2: Eventi sismici nella zona Giudicarie-Lessini nel periodo compreso tra il 1981 e il 2002 (Viganò et al., 2008)

3.1.2 Strutture sismogenetiche

Studi sismotettonici recenti identificano due famiglie di strutture potenzialmente in grado di produrre terremoti nell'area considerata.

La prima analisi (Viganò et Al., 2008) riguarda il Sistema Scledense, fascio di faglie ad andamento NO-SE che interessa il settore dei Lessini orientali e che presenta un comportamento prevalentemente trascorrente. In base allo studio della localizzazione e dei meccanismi focali di piccoli eventi sismici ($M < 5$) registrati strumentalmente nell'area del Lessini nel corso degli ultimi 20 anni, la terminazione Nord occidentale di queste strutture, alla congiunzione con i sovrascorrimenti del sistema Giudicariense, viene identificata come un insieme di sorgenti potenziali di eventi sismici, ancorché di magnitudo limitata. A questo insieme di sorgenti si possono verosimilmente associare gli eventi storici localizzati nell'area Lessinea, tutti di magnitudo < 5 (vedi 3.4.1 – sismicità storica).

La seconda analisi (Galadini et Al., 2005) riguarda invece la Linea di Aviano. Sulla base di valutazioni geomorfologiche e geologico-strutturali, fondate quindi sia su osservazioni di superficie che su dati geologici e geofisici di sottosuolo, confrontate poi con la sismicità storica, questa struttura viene ritenuta una sorgente sismogenetica in grado di produrre eventi sismici anche importanti (magnitudo > 6). In particolare, il segmento centrale (Bassano – Cornuda) è ritenuto responsabile dei terremoti storici avvenuti nell'area di Asolo (1695 e successivi), mentre quello più occidentale (Thiene – Bassano) è tentativamente correlato da questi autori con l'importante evento del 1117, genericamente localizzato nel veronese, ma di possibile rilocalizzazione più ad oriente. Il terzo segmento (Montello – Conegliano) non ha invece evidenziato sismicità storica direttamente correlabile e viene quindi ritenuto, considerando le sue caratteristiche dimensionali e la sua attività geologica, comparabile con gli altri due segmenti ma che non ha ancora “sfogato” la sua energia sismica potenziale, la sorgente potenziale a maggiore pericolosità sismica presente nell'area.

3.1.3 Classificazione sismica del territorio

La classificazione sismica del territorio italiano (G.U., OPCM 3519/2006) è articolata in quattro classi, dalla classe 1 (massimo livello di sismicità) alla classe 4 (minimo livello), ed è costruita sia sulla base del catalogo dei terremoti storici che degli studi sismotettonici; con il progredire delle conoscenze, essa viene periodicamente aggiornata. Questa classificazione si fonda sul concetto della massima accelerazione sismica attesa, ovvero sul terremoto più forte che ci si può attendere in una certa area. La finalità di tale classificazione è essenzialmente di tipo preventivo, ovvero quella di realizzare opere (infrastrutture ed edifici) che siano in grado di resistere ai più forti eventi attesi. Tale classificazione deve poi essere completata con studi di microzonazione sismica, realizzati a scala comunale, che possano cioè definire le condizioni geologiche di dettaglio che possono causare locali amplificazioni o attenuazioni delle accelerazioni imposte dall'evento sismico.

Nella classificazione di riferimento, il Comune di Riese, interessato dalla tratta in oggetto è in classe 2 (Figura 3.3 e Figura 3.4).

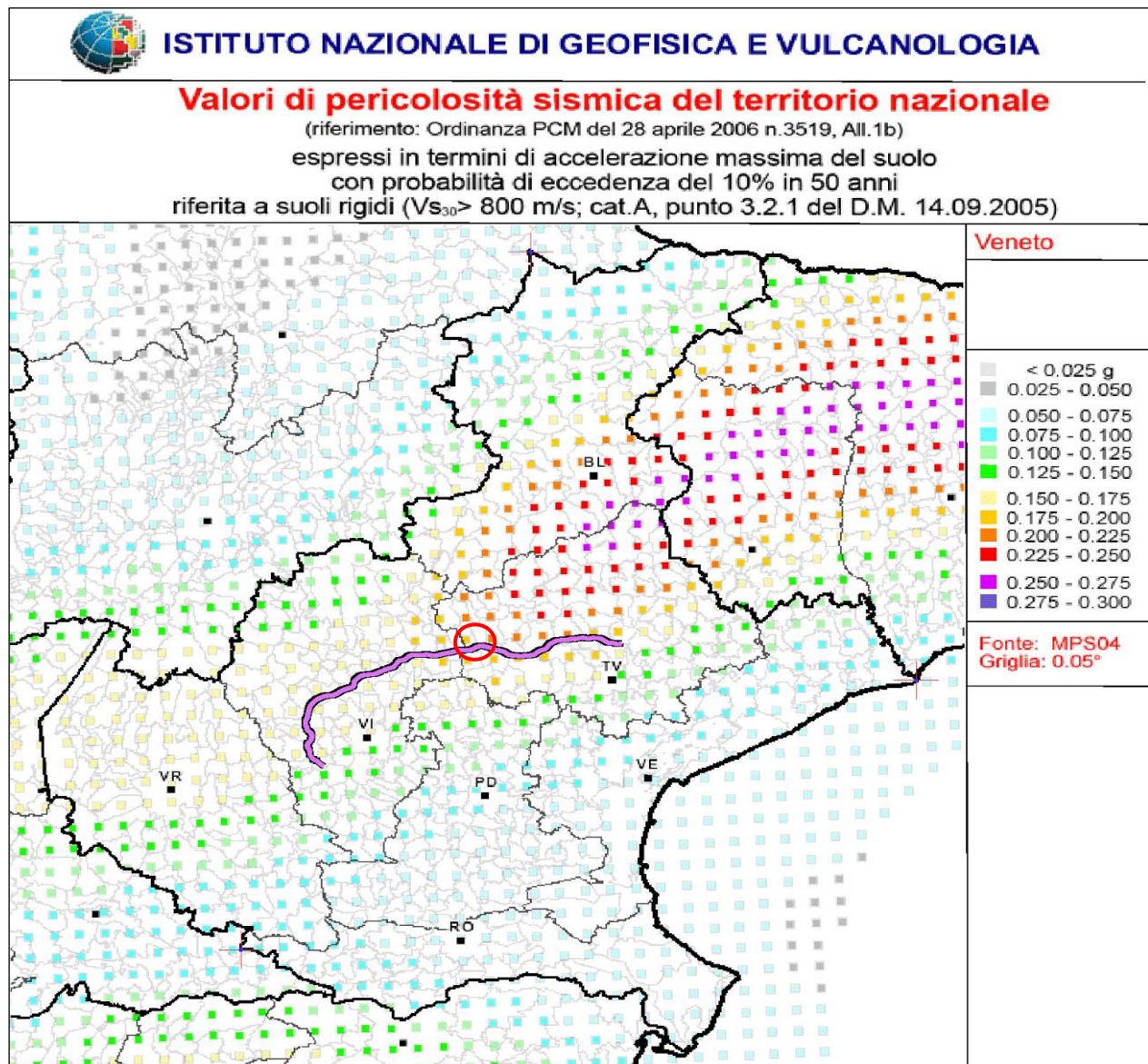


Figura 3.3: Mappa nazionale accelerazioni sismiche massime attese (OPCM 3519); nel circolo in rosso la tratta in oggetto.



Figura 3.4: Mappa di classificazione sismica (OPCM 3519); nel circolo in rosso la tratta in oggetto.

Da questa situazione, tenuto conto delle considerazioni espresse in precedenza, si evince come la classificazione sismica del territorio in quest'area sia attualmente guidata in prevalenza dai terremoti avvenuti in epoca storica. Se il consolidamento degli studi sismotettonici porterà alla conferma dell'importanza, quali sorgenti sismogenetiche potenziali, dei tre segmenti della Linea di Aviano, allora tutti i comuni dell'alta pianura vicentina e trevigiana interessati dal tracciato potrebbero ragionevolmente essere collocati in classe 2, come già quelli nei dintorni di Asolo.

4. INDAGINI FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Al fine di caratterizzare la risposta sismica dei terreni e consentire di valutarne le eventuali amplificazioni locali sono state condotte in forma distribuita l'intera estesa del tracciato 20 indagini tipo MASW per la determinazione della velocità delle onde di taglio e del parametro sismico caratteristico V_{s30} .

Di seguito, vista l'assenza di dati disponibili per la tratta in oggetto, si riportano i risultati dell'indagine MASW, con l'indicazione della velocità delle onde di taglio relativamente all'intero Lotto 3.

Tabella 4.1: sintesi dei risultati delle indagini MASW

Indagine	PK	V_{s30} [m/s]	Unità geotecnica	Categoria di sottosuolo
PDM13	50+050	604	AL3	B
PDM14	63+388	570	AL3	B
PDM16	71+760	552	AL3	B

In relazione ai risultati ottenuti per tutto il tracciato e con riferimento alle formazioni geologiche superficiali che controllano la risposta sismica nei confronti delle opere d'arte previste in progetto è stata stabilita la seguente corrispondenza tra unità geotecniche e categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2008.

Tabella 4.2: correlazione unità geotecniche e categoria di sottosuolo

Unità geotecnica	Categoria di sottosuolo
AL1	B
AL2	C
AL3	B

5. STRATEGIA DI PROTEZIONE SISMICA

La protezione sismica di tutti i ponti ed i viadotti rientranti nelle opere in oggetto è garantita mediante l'isolamento totale dalle sottostrutture, attraverso la disposizione di isolatori elastomerici sia sulle spalle che sulle pile.

L'isolamento sismico rientra tra le strategie di protezione usualmente raggruppate sotto la denominazione di "controllo passivo delle vibrazioni". Di queste l'"isolamento sismico" e la "dissipazione d'energia" sono quelle più comunemente utilizzate. Entrambe le tecniche di protezione sono correntemente usate per la protezione delle costruzioni, sia nuove che esistenti, e sono efficaci in ragione del modo in cui ne modificano il comportamento dinamico. La prima è essenzialmente finalizzata a limitare l'energia in ingresso attraverso isolatori collocati tra la porzione di costruzione da proteggere e quella solidale al terreno. Queste tecniche di protezione si utilizzano per conseguire migliori prestazioni delle costruzioni soggette ad azioni sismiche. Si giustificano in questo modo i possibili maggiori costi dovuti alla progettazione, l'acquisto e l'installazione dei dispositivi, comunque generalmente compensati dalla minore richiesta di rigidità e resistenza della struttura necessarie per conseguire le prestazioni desiderate.

Per realizzare l'isolamento sismico, occorre creare una discontinuità strutturale lungo l'altezza della costruzione che permetta ampi spostamenti orizzontali relativi tra la parte superiore (sovrastuttura) e quella inferiore (sottostruttura) della costruzione, soprattutto nelle direzioni orizzontali. Il collegamento tra la sovrastuttura e la sottostruttura è realizzato mediante isolatori, ovvero speciali apparecchi di appoggio caratterizzati da rigidità basse nei confronti degli spostamenti orizzontali ed elevate nei confronti di quelli verticali.

Un'opportuna scelta delle caratteristiche meccaniche degli isolatori consente di "disaccoppiare" la sovrastuttura dalla sottostruttura nelle oscillazioni che coinvolgono prevalentemente spostamenti orizzontali. Il "disaccoppiamento" consiste nella diversificazione del comportamento dinamico delle due suddette porzioni della costruzione: durante un moto oscillatorio, mentre la sottostruttura subisce deformazioni di modesta entità, tanto più quanto maggiore è la sua rigidità, la sovrastuttura compie oscillazioni tanto più ampie quanto minore è la rigidità e resistenza degli isolatori. Dette oscillazioni sono dovute per la maggior parte alla deformazione degli isolatori collocati al di sotto della sovrastuttura e solo in minor parte alle deformazioni della sovrastuttura stessa. Durante un

terremoto, generalmente, tanto più sono ampie queste oscillazioni tanto più sono modeste le conseguenti accelerazioni, quindi le forze d'inerzia, che subisce la sovrastruttura.

Ne consegue che l'isolamento è tanto più efficace quanto minori sono le accelerazioni della sovrastruttura e ciò comporta sostanzialmente due tipi di benefici:

- benefici diretti sulla sovrastruttura, in quanto consente di contenere l'entità delle forze d'inerzia di natura sismica direttamente agenti su di essa;
- benefici indiretti sulla sottostruttura, in quanto consente di contenere l'entità delle forze d'inerzia trasmesse dalla sovrastruttura alla sottostruttura e che, insieme alle forze d'inerzia direttamente agenti su di essa, costituiscono considerevole parte delle forze sismiche che complessivamente essa deve sopportare.

Nei ponti l'isolamento sismico è generalmente realizzato tra l'impalcato e le strutture di supporto (pile e le spalle), nel qual caso gli isolatori sostituiscono gli usuali apparecchi di appoggio.

Normalmente la riduzione delle forze sismiche che ne consegue produce i suoi maggiori benefici sulle pile e sulle spalle (benefici indiretti sulla sottostruttura). Nei ponti ad impalcato continuo, un'attenta calibrazione delle caratteristiche meccaniche e dei dispositivi d'isolamento e di vincolo che collegano l'impalcato con le pile e le spalle permette altresì di migliorare la distribuzione delle forze sismiche orizzontali dell'impalcato tra le diverse strutture di supporto.

I vantaggi dell'isolamento sono riconducibili non solo al drastico abbattimento delle accelerazioni agenti sulle masse strutturali, ma anche all'assenza di oscillazioni brusche nella sovrastruttura per effetto dell'alto periodo proprio di vibrazione. Maggiore è l'incremento di periodo maggiore è la riduzione delle accelerazioni sulla sovrastruttura (e l'incremento degli spostamenti, che si concentrano essenzialmente nel sistema di isolamento).

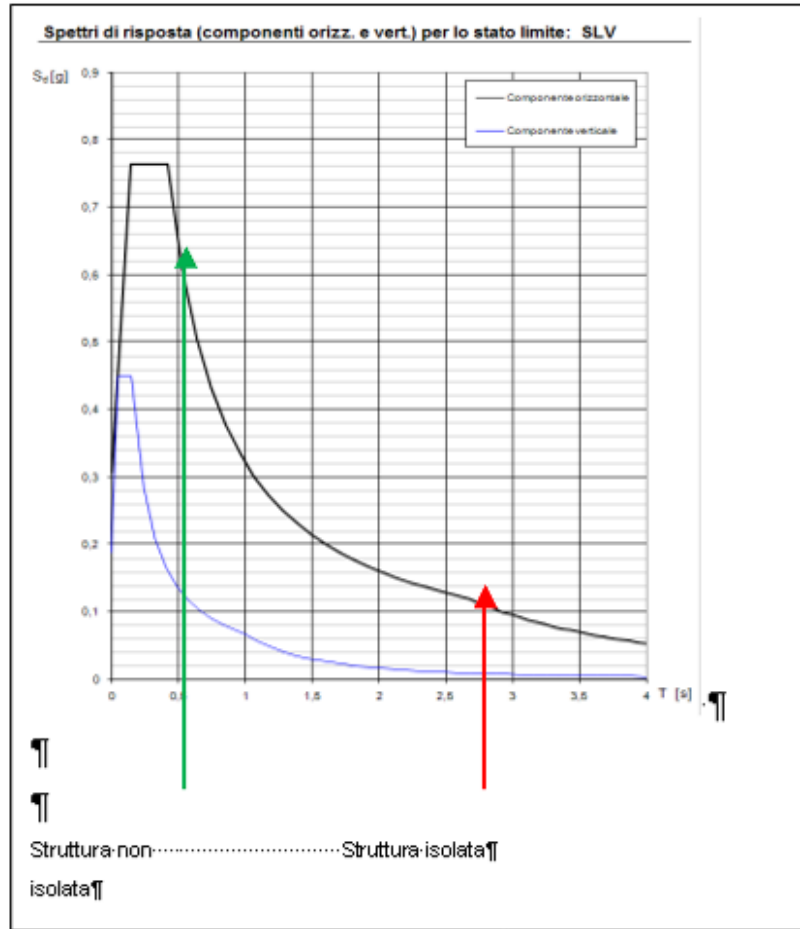


Figura 5.1: Spettri di progetto

Il rispetto di questa prescrizione, peraltro, non richiede in generale sovradimensionamenti rispetto alle costruzioni convenzionali, grazie al drastico abbattimento delle accelerazioni cui la struttura isolata è soggetta, e anzi conduce a sollecitazioni di progetto paragonabili quando non inferiori. Essendo nulle o molto limitate le richieste di duttilità agli elementi strutturali, l’adozione di una progettazione in alta duttilità comporterebbe degli inutili aggravii di costo, senza sostanziali vantaggi. Pertanto per i dettagli costruttivi (e solo per questi) si fa riferimento alle regole relative alla **Classe di Duttilità Bassa “CDB”**, per la quale non si richiedono particolari capacità dissipative, ma solo un’adeguata resistenza laterale.

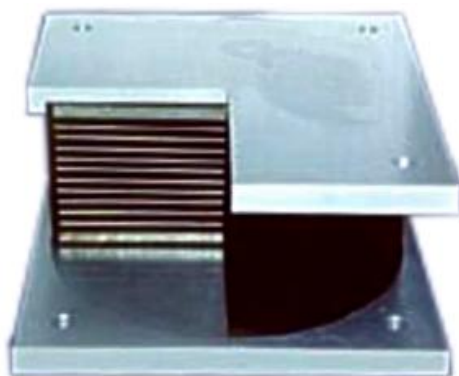


Figura 5.2: Isolatore elastomerico

Gli isolatori elastomerici sono costituiti da strati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) alternati a piastre di acciaio, aventi prevalente funzione di confinamento dell'elastomero, e vengono disposti nella struttura in modo da supportare le azioni e deformazioni orizzontali di progetto trasmesse mediante azioni parallele alla giacitura degli strati di elastomero ed i carichi permanenti ed accidentali verticali mediante azioni perpendicolari agli strati stessi. Sono caratterizzati da ridotta rigidità orizzontale (per garantire il disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura da quella del terreno), elevata rigidità verticale (per sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti) ed opportune capacità dissipative.

Il dimensionamento dell'isolatore viene fatto in modo da mantenere lo stesso in campo elastico per terremoti di progetto derivanti dalla mappatura sismica come da D.M. 14/01/2008.

Tale logica progettuale si traduce in termini operativi nella necessità di effettuare un'analisi elastico lineare per la definizione della forza al limite elastico dell'isolatore; in particolare si effettua un'analisi modale a spettro di risposta congruente con le prescrizioni del Testo Unico.

6. CRITERI DI VERIFICA

La normativa definisce due differenti stati limite ultimi:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per i ponti isolati le verifiche da eseguire sono le seguenti:

La **sottostruttura** deve essere verificata con i valori di γ_M utilizzati per le costruzioni non isolate rispetto allo **SLV**. Infatti per un corretto funzionamento del sistema di isolamento, occorre che la sottostruttura rimanga in campo sostanzialmente elastico, sotto l'effetto delle azioni sismiche di progetto. Le forze d'inerzia rispetto alle quali occorre verificare gli elementi della sottostruttura saranno quelle trasmesse dalla sovrastruttura, attraverso il sistema di isolamento, e quelle direttamente agenti su di essa.

i **dispositivi del sistema d'isolamento** debbono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per un terremoto avente probabilità di superamento pari a quella prevista per lo **SLC** e quindi prodotto da un terremoto di intensità superiore all'intensità del terremoto per il quale vengono progettate le strutture allo SLV e forma spettrale diversa. La verifica allo SLC dei dispositivi del sistema d'isolamento realizza il requisito, riguardante il livello superiore di sicurezza richiesto al sistema d'isolamento.

7. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale

sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta, invece la componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica; η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal

5%, mediante la relazione $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^*$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, $T_B = T_C / 3$;

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella fornita dalla normativa, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – 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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , η sono definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente.

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

8. DEFINIZIONE DEI DATI SISMICI DI PROGETTO

Di seguito si riportano i parametri sismici relativi al comune interessato dallo svincolo di Riese (Lotto 3 Tratta F).

Tabella 8.1: accelerazione sismica caratteristica per i comuni interessati dal progetto

PARAMETRI SISMICI COMUNI INTERESSATI DAL TRACCIATO			
N.	COMUNE	ag / g	
27	RIESE PIO X	0.33767	- -