

A) GENERALITA'

A.1 PREMESSA

Il presente rapporto, redatto ai sensi delle vigenti normative in materia di costruzioni, fa riferimento, alla realizzazione di un P.L. denominato AdT10, per l'edificazione di n. 10 edifici residenziali in un'area sita nel Comune di Casatenovo posto tra Via Ai Ronchi e Via XXV Aprile.

I dati desunti per la stesura della presente Relazione Preliminare, sono stati ricavati da Relazioni Geologiche e Geotecniche, eseguite in aree adiacenti aventi proprietà simili per caratteristiche geologiche, idrologiche e morfologiche.

A.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

A.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

Le normative di riferimento a livello nazionale che gli edifici in costruzione dovranno, sono le seguenti:

- ✓ D.M. LL.PP. 11.03.88 e nella circolare LL.PP. n° 30483, emanati a norma dell'articolo 1 della Legge 64 /1974;
- ✓ EN 1997-1, 2003, "Eurocode 7-Geotechnical design: general rules";
- ✓ EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance;
- ✓ D.M. 17.01.18 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato su Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.02.18, supplemento ordinario n°8.

A.2.2 NORMATIVA REGIONALE

Le normative regionali che gli edifici in costruzione dovranno, sono le seguenti:

- ✓ D.G.R. 30.11.11 n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11.03.05 n. 12, approvati con D.G.R. 22.12.05 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7874".
- ✓ D.G.R. 30.03.16 n.X/5001: Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica art. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)..

A.2.3 NORMATIVA COMUNALE

- ✓ Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del comune di Casatenovo, redatta nell'aprile 2013, ai sensi della L.R. 11.03.05 n. 12, dallo Studio Associato EG, di Carate Brianza (MB).

B) RELAZIONE GEOLOGICA R1 AI SENSI DEL D.M. 17.01.18

B.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame fa parte di una porzione territoriale caratterizzata dalla presenza di depositi morenici derivanti dal susseguirsi delle glaciazioni e dei periodi interglaciali quaternari.

I depositi presenti nell'area sono attribuibili al Sintema di Cascina Fontana, parte del Supersintema del Bozzente (Pleistocene Medio-Superiore), corrispondente al Mindel degli Autori precedenti. Tale unità è costituita da diamicton a supporto di matrice, con matrice limoso argillosa, localmente più sabbiosa. I clasti hanno dimensione massima da centimetrica a 30 cm e si presentano da subangolosi ad arrotondati. Occasionalmente sono dominanti le litologie sedimentarie.

La superficie limite superiore è una superficie di erosione ed è caratterizzata da un'alterazione molto accentuata che si spinge in profondità, con arrossamento della matrice anche molto accentuato nella porzione superiore. L'alterazione interessa praticamente tutte le litologie: carbonati argillificati, gneiss e cristallini arenizzati, talora con cortex più arrossato, micascisti da arenizzati ad argillificati, quarziti non alterate, selce talora fragile, rocce ultramafiche in genere con cortex arancione pronunciato.

Sono presenti patine di argilla sui ciottoli e di Fe-Mn in particolare nei livelli superiori.

Il limite inferiore è verosimilmente una superficie di erosione che copre i depositi precedenti.

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG), Foglio 097 "Vimercate":

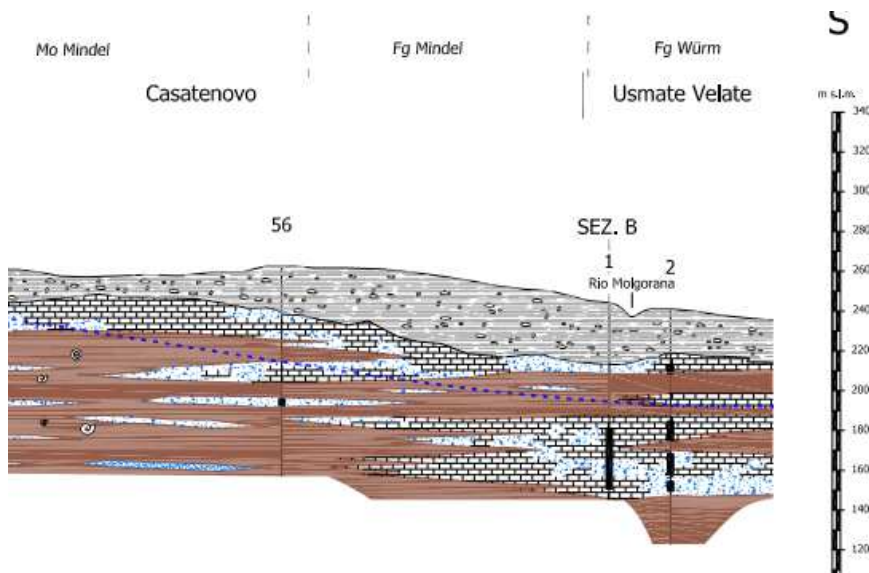


B.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in oggetto presenta andamento sostanzialmente subpianeggiante e a terrazzamenti, senza particolari elementi morfologici.

B.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'analisi della successione stratigrafica regionale dell'area, visibile nella figura che segue, è stata effettuata sulla base della sezione I riportata nel P.G.T. comunale di Casatenovo:



La successione stratigrafica mette in evidenza una coltre ghiaiosa superficiale, di origine morenica, poggiante su banchi conglomeratici con potenza di alcune decine di metri, localmente intercalati da lenti e corpi sabbiosi e ghiaiosi.

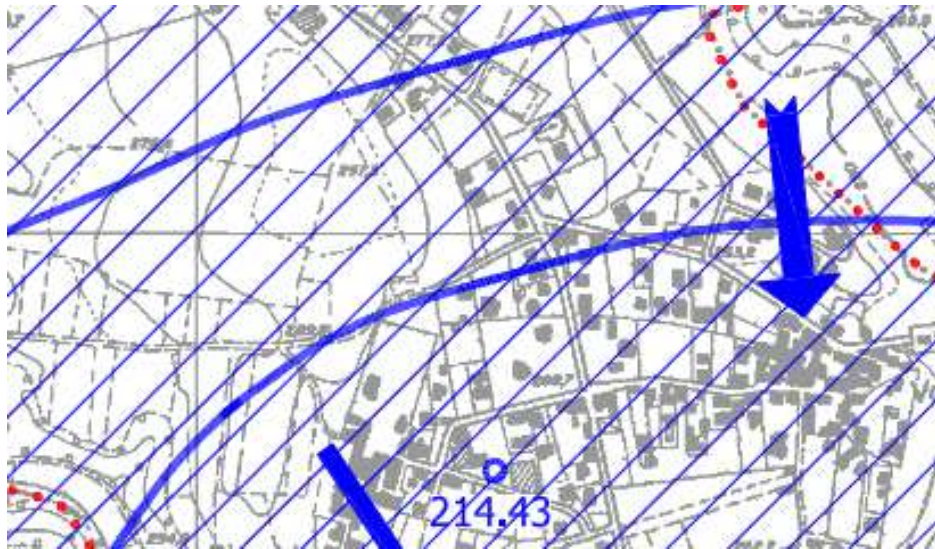
Al di sotto la successione diviene prevalentemente limoso-argillosa, con strati sabbioso-ghiaiosi intercalati e lenti/corpi conglomeratici anche di notevole potenza.

B.3.1 PIEZOMETRIA

In accordo con quanto riportato nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del comune di Casatenovo, il livello piezometrico della falda freatica in corrispondenza dell'area d'intervento è di circa 225 m s.l., cui

corrisponde, in rapporto all'andamento della superficie topografica, una soggiacenza di oltre 50 m, con relative oscillazioni stagionali. La falda defluisce con direzione all'incirca NO-SE.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta idrogeologica allegata al P.G.T. comunale:



B.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI SITO

B.4.1 INDAGINI EFFETTUATE

Da indagini Geologiche effettuate in zona prossime all'area oggetto d'intervento, consistenti in prove penetrometriche di tipo dinamiche S.C.P.T. con penetrometro superpesante tipo Meardi A.G.I. ed ubicate come da sottostante stralcio planimetrico della C.T.R.; con evidenziato in pallini Blue



B.4.2 SUCCESSIONE STRATIGRAFICA LOCALE

Si riporta di seguito la descrizione della successione stratigrafica locale, definita sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche realizzate in siti limitrofi.

Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

C.3.2 PARAMETRI GEOTECNICI

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; cu: Coesione non drenata,

di seguito vengono riportati i dati desunti da una prova penetrometrica effettuata in zona.

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	c [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Ni
1,8	16,5	19,5	26,9	0,0	0,0	5900,0	8600,0	0,35
0,9	18,0	21,0	32,4	0,0	0,0	12300,0	17400,0	0,32

C.4 VERIFICA FONDAZIONE

Andrà verificato il carico trasmesso dalla fondazione al terreno, tenendo conto della Larghezza fondazione, Lunghezza fondazione, Profondità piano di posa, Altezza di incastro, Sottofondazione con Sporgenza e Altezza.

MODELLO GEOTECNICO STRUTTURALE di verifica

C.4.1 CARICHI DI PROGETTO AGENTI SULLA FONDAZIONE

I carichi desunti dalla Relazione di calcolo strutturale, andranno combinati e amplificati in base alle combinazioni di carico, e dovranno rispettare le condizioni al contorno,

Per ogni singolo elemento della fondazione, andrà determinato, in base ai carichi sopra determinati:

il R_d = Carico limite in kN/m², la Resistenza di progetto E_d = kN/m², verificando che $[E_d \leq R_d]$ Verificata

C.4.2 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Andrà determinata, in base alle singole prove effettuate in sito, la costante di Winkler (...) kN/m³

C.4.3 RISULTATI DELLE ANALISI STATICHE

Di seguito si esplicitano i metodi di calcolo che andranno utilizzati per giungere alla verifica della capacità portante e della pressione di contatto sul terreno, valutando le condizioni geotecniche individuate dall'indagine risultanti dalle prove che si andranno ad eseguire sui singoli lotti e descritti nelle relazioni geologiche.

C.4.4.1 Calcolo pressione limite- Brinch Hansen

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto andrà calcolato con la seguente equazione.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

C.5 CALCOLO DEI CEDIMENTI

I cedimenti delle fondazioni andranno verificati, ipotizzando delle sezioni rettangolare di dimensioni B×L posta sulla superficie di un semispazio elastico, e potranno essere calcolate in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier, 1951):

$$\Delta H = q_0 B \frac{1-\mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) \cdot I_F$$

Si potrà quindi determinare i cedimenti dei vari tratti di fondazione, limitandone ove possibile eccessive differenze, che potrebbero causare danni alle soprastanti strutture, aumentando se necessario la loro larghezza.

D) RELAZIONE GEOLOGICA R3 AI SENSI DELLA DGR IX/2616/2011

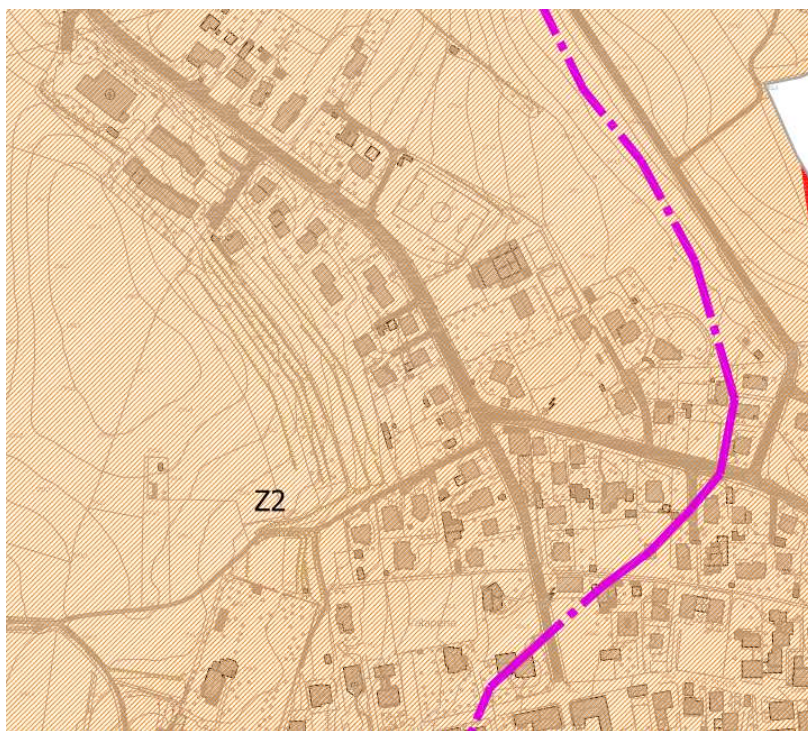
Nel presente capitolo si tratterà della compatibilità geologica e sismica in riferimento al vigente P.G.T. del Comune di Casatenovo.

D.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Secondo quanto redatto nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Casatenovo, l'area oggetto di indagine ricade completamente in **Classe di Fattibilità 3**:

fattibilità con consistenti limitazioni.

Di seguito si riportano uno stralcio della Carta della Fattibilità geologica ed il testo delle indicazioni sulla Fattibilità Geologica per le azioni di piano contenute nella Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. comunale e relative alla Classe di Fattibilità 3:



Classe di fattibilità 3

Questa classe comprende tutte quelle zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso del territorio in esame, a seguito dell'entità e della natura dei rischi individuati.

L'utilizzazione di tali aree sarà subordinata quindi all'esecuzione di indagini supplementari, quali campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio o studi tematici specifici (idrogeologici, ambientali, pedologici ecc.), utili ad una definizione più completa delle caratteristiche geologiche tecniche del sito. Ciò dovrà consentire di stabilire le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune e indicare gli interventi di sistemazione e di bonifica da attuare.

Appartiene a tale classe la quasi totalità del territorio centro-meridionale dell'area di studi; la definizione di tali aree è stata condotta sulla base del riscontro di caratteristiche geomeccaniche scadenti (presenza di "occhi pollini") e su particolari condizioni idrogeologiche (falde sospese) che, sebbene non comportano particolari rischi ambientali, possono determinare, qualora ignorati o sottostimati, notevoli inconvenienti soprattutto in fase di approntamento dei cantieri o di inadeguate modalità di costruzione dei manufatti.

La presenza di "occhi pollini", che caratterizza quasi completamente il territorio centro-meridionale è in stretta relazione con i termini geologici ivi presenti (morenico e fluviale Mindel Auct.), caratterizzati oltretutto da intensi fenomeni di alterazione pedogenetica, che hanno generato una diminuzione delle caratteristiche geomeccaniche originarie.

La bassa permeabilità unita alla blanda morfologia presente, se da un lato garantisce una buona protezione degli acquiferi, dall'altro consente un diffuso ruscellamento superficiale che durante condizioni di pioggia intensa può comportare fenomeni di ristagno di acqua e di erosione superficiale.

In tali zone risulta quindi auspicabile, in caso di costruzioni di media e grande volumetria, l'utilizzo di prove geognostiche in sito (penetrometrie e sondaggi elettrici), allo scopo di verificare la presenza di eventuali discontinuità e quindi di proporre già in fase preliminare utili interventi preventivi. Va peraltro osservato che recenti perforazioni nell'area occupata dal nuovo stabilimento Ferrarini hanno individuato cavità anche a livello dei conglomerati tipo Ceppo.

In tale area per l'edificato esistente si dovranno monitorare eventuali fenomeni di cedimenti quali crepe e fessure nei muri, eventuali anomalie dovranno essere oggetto di più approfondite valutazioni da parte di tecnici qualificati.

All'interno di tale classe di fattibilità rientrano anche due settori posti nella porzione settentrionale, caratterizzati come visto in precedenza dalla presenza di falde sospese.

Nel caso delle zone interessate dalla presenza di falde sospese, si consiglia in fase di approntamento di cantiere l'uso di particolari precauzioni (impermeabilizzazioni e opere di drenaggio), allo scopo di evitare l'allagamento dello scavo; il drenaggio delle acque della falda sospesa dovrà avvenire in modo controllato al fine di scongiurare possibili effetti negativi sulla stabilità degli edifici posti nelle immediate vicinanze.

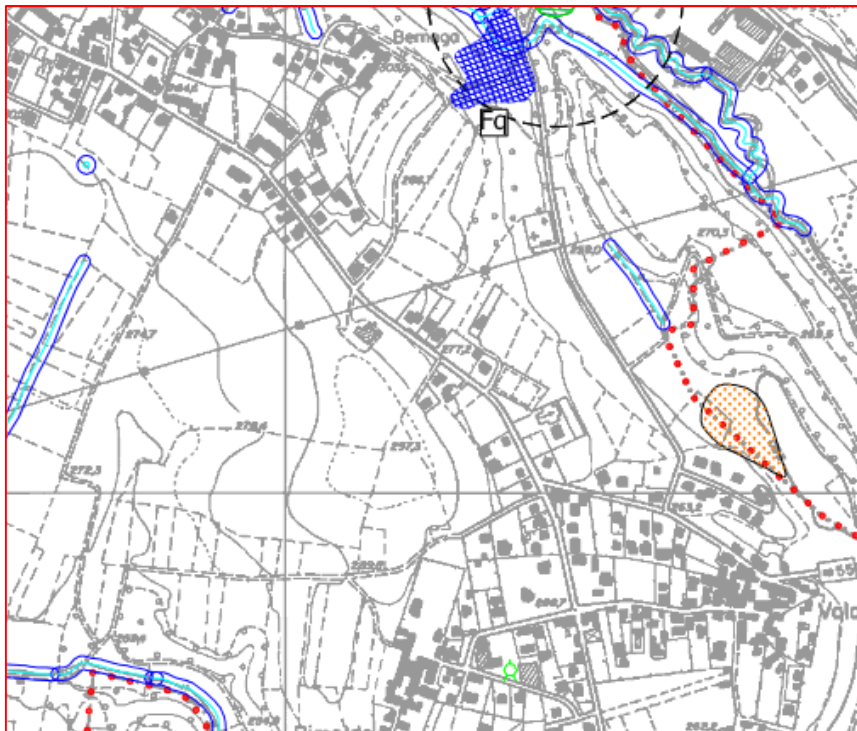
In queste aree è auspicabile un controllo del livello di falda sia preventivamente che durante tutta la fase dei lavori; le tecniche costruttive dovranno inoltre considerare la presenza di acque a debole profondità dal piano campagna ed operare interventi di drenaggio e impermeabilizzazione delle costruzioni.

Da esperienza quarantennale di edifici progettati e realizzati nella zona di Valaperta, non ho mai riscontrato la presenza di "occhi pollini", la problematica maggiormente è risultata la disomogeneità del terreno dovuto alla conformazione altimetrica del terreno, portando a realizzare fondazioni a diversa profondità di scavo, soprattutto in terreni in pendenza.

In tali situazioni, le fondazioni poste verso valle andranno dimensionate per un carico pertanto riscontrata

D.2 VINCOLISTICA

L'area in esame, secondo quanto riportato nel P.G.T. comunale, non è sottoposta a vincoli particolari.



D.2.1 POZZI PRESENTI

L'area ricade all'esterno delle fasce di rispetto dei pozzi idropotabili (definite con criterio geometrico, raggio 200 m) presenti nel territorio comunale di Casatenovo, così come definite dal D.Lgs 152/06.

D.3 VALUTAZIONE SISMICA DI SITO

Quanto segue, viene redatto ai sensi delle vigenti normative in materia antisismica (D.G.R 2129/2014) della Regione Lombardia: Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. D).

La normativa di riferimento (D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129) fornisce per l'area d'intervento (Comune di Casatenovo) un valore di a_g max pari a 0,0557g (zona sismica 3).

D.3.1 DEFINIZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

La normativa di riferimento, costituita dalla D.G.R. 30.11.11 n. IX/2616 *Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11.03.05 n. 12, approvati con D.G.R. 22.12.05 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7874"*, definisce le modalità di calcolo del Fattore di Amplificazione.

D.3.2 INDAGINI EFFETTUATE IN ZONA

L'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di una prova HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

D.3.3 CALCOLO DI VSEQ

Il parametro V_{SEQ} è stato calcolato utilizzando la stratigrafia V_s e la formula:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato (*bedrock sismico*), definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{SEQ} è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità; gli elaborati grafici ed il tabulato dei risultati sono presenti in Allegato 2.

I primi 4,2 m (da quota p.c.) sono caratterizzati da valori di V_s abbastanza bassi (da 150 m/s a 214 m/s); poi i valori crescono con la profondità, fino all'ultimo rilievo di 850 m/s a partire da 31,75 m da p.c. per la presenza di banconi conglomeratici compatti. Il valore ricavato di V_{SEQ} riferito alla quota p.c. è il seguente:

$V_{SEQ} = 373$ m/s

Il valore di V_{SEQ} ricalcolato e riferito alla quota di imposta fondazioni (-1,0 m da p.c.) risulta:

$V_{SEQ} = 396$ m/s

D.3.4 CATEGORIA DI SUOLO

Sulla base delle indagini effettuate il suolo presente al di sotto della quota d'imposta della fondazione (- 1,0 m da p.c.) risulta essere un suolo di categoria B, così definita:

Categoria Definizione B

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

D.3.5 VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

L'area in esame è ricompresa nella situazione corrispondente allo scenario di pericolosità sismica locale Z2, definita come "zona con terreni di fondazione localmente scadenti (terreni granulari fini e/o coesivi) e presenza di particolari strutture vacuolari o cavità nel sottosuolo ("occhi pollini)". Per tale zona sono possibili cedimenti in concomitanza di eventi sismici.

Secondo quanto contenuto nella D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, per i comuni ricadenti in zona sismica 3, per le classi di pericolosità Z2, è prevista la realizzazione di una verifica sismica di terzo livello in fase progettuale.

Si riporta di seguito l'estratto del P.G.T. relativo:

Le problematiche fondamentali per tale scenario riguardano la presenza, alla scala locale, di litologie aventi consistenza da nulla a mediocre entro il cosiddetto "orizzonte di interesse geotecnico", per il prevalere di limi e argille, nonché la possibilità di rinvenire "occhi pollini". Sono pertanto indispensabili approfondimenti di tipo quantitativo da espletarsi con la predisposizione di prove geotecniche in sito (prove penetrometriche dinamiche, sondaggi a carotaggio continuo completi di prove S.P.T. a fondo foro), prelievo di campioni rimaneggiati (nel caso di livelli sabbiosi) o indisturbati classe Q5 nel caso di livelli coesivi, e analisi di laboratorio (analisi granulometriche,

prove di plasticità di Atterberg, peso di volume dei terreni allo stato naturale, prove di resistenza al taglio. In tale ottica è possibile anche procedere ad integrazione e non in sostituzione, con indagini indirette di tipo geofisico e/o geoelettrico. Numero di indagini e profondità di investigazione dovranno essere congrue in funzione della tipologia e delle caratteristiche progettuali dell'intervento.

D.3.5.1 Principi metodologici

Il 2° livello consente la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi al sito e l'individuazione di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. La procedura di verifica fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), riferito agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Nelle aree con possibili amplificazioni morfologiche la procedura richiede:

- a. definizione della litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- b. definizione della stratigrafia del sito;
- c. definizione dell'andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- d. conoscenza di spessore e velocità di ciascuno strato.

La Regione Lombardia mette a disposizione una serie di schede di riferimento, riferite a differenti litologie, da adottare per la valutazione di Fa. Lo schema di verifica procede nel modo di seguito descritto:

- ✓ individuazione della scheda di riferimento e verifica della validità della stessa in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità;
- ✓ scelta, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, della curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1-0,5 s (di riferimento per l'edificio in progetto) in base al valore del periodo proprio del sito T.

Il valore di Fa viene quindi calcolato sulla base degli abachi disponibili nelle due ipotesi di verifica precedentemente descritte. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto per il sito di riferimento con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (classi B, C, D ed E delle Norme Tecniche per le Costruzioni) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia da quota imposta fondazione fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

D.3.5.2 Successione stratigrafica di dettaglio

La successione stratigrafica di dettaglio, dedotta da indagini geotecniche effettuate in zone limitrofe dell'area di interesse e dall'esame della successione stratigrafica regionale, di cui al precedente paragrafo.

I primi 4,2 m (da quota p.c.) sono caratterizzati da valori di VS abbastanza bassi (da 150 m/s a 214 m/s); poi i valori crescono con la profondità, fino all'ultimo rilievo di 850 m/s a partire da 31,75 m da p.c. per la presenza di banconi conglomeratici compatti.

Ai fini dell'analisi sismica, la velocità Vs di 800 m/s (*bedrock sismico*), è raggiunta a partire dalla profondità di 31,75 m da p.c..

D.3.5.3 Periodo proprio del sito

La verifica di periodo proprio del sito (s) è contenuta nell'Allegato 2; il risultato conseguito è il seguente:

$$T=0,32 \text{ s}$$

D.3.5.4 Calcolo di Fa

Le procedure di calcolo di Fa sono contenute nell'Allegato 2; nello stesso sono anche riportate le verifiche di congruità con la scheda di riferimento litologica (litologia sabbiosa) che è stata utilizzata nel calcolo. Considerando la tipologia degli edifici (edifici bassi e rigidi), la formula di riferimento per il calcolo di Fa è la seguente:

$$Fa_{0,1-0,5} = -8,65T^2 + 5,44T + 0,84$$

Il valore ottenuto è il seguente: **Fa=1,7**

Il valore di F_a calcolato risulta essere superiore al valore di soglia corrispondente previsto dalla D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374 per il Comune di Casatenovo (per edifici bassi e rigidi e suoli di categoria B = 1,4): la normativa risulta pertanto insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

In fase di progettazione edilizia dovrà essere effettuato un approfondimento sismico di terzo livello, oppure potrà essere utilizzato lo spettro di norma caratteristico riferito ad una **categoria di suolo di fondazione di tipo C**

D.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 7/2019 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato. Nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di uno dei seguenti casi:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di *freefield*) inferiori a $0,1g$ ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
4. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Nel caso in esame risultano verificati almeno i punti 1 e 2, per cui il fenomeno della liquefazione può essere escluso.