



Work in Progress Srl
Corso di Porta Romana, 6
20122 Milano
t +39 02 78621700
www.wip.it

committente

SAVILLS INVESTMENT MANAGEMENT SGR SpA
FONDO ANDROMEDA IN LIQUIDAZIONE

P.I.I. QUARTIERE STAZIONE

commessa	file			
14-20 PASE	PASE-FG2-T05 (rel geo).docx			
data emissione	revisione	redatto	controllato	approvato
23.09.2016	-	IC	EG	LV

VARIANTE

STUDIO FATTIBILITA'
GEOLOGICA

cod. elaborato

FG2 T05

INDICE

1	NORMATIVE E CIRCOLARI DI RIFERIMENTO	3
1.1	NORMATIVA REGIONALE RELATIVA AI PIANI DI INTERVENTO INTEGRATI	3
1.2	NORMATIVA SISMICA E GEOTECNICA	3
1.3	PRG DEL COMUNE DI SEGRATE	3
2	GENERALITÀ	3
2.1	CONTENUTI DEL DOCUMENTO	3
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.3	RIFERIMENTI PLANO-ALTIMETRICI	4
2.4	CLASSIFICAZIONE E VITA ATTESA DELLE OPERE DI FUTURA EDIFICAZIONE	5
3	AMBIENTE IDRICO	5
3.1	ACQUE SUPERFICIALI	5
3.2	ACQUE SOTTERRANEE	7
4	SOTTOSUOLO	9
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4.2	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	10
4.3	POTENZIALI INTERFERENZE CON SUOLO E SOTTOSUOLO	15
5	COMPATIBILITÀ GEOLOGICA	15
6	SISMICITÀ DELL'AREA	16
6.1	CLASSIFICAZIONE E ZONA SISMICA	16
6.2	INDICATORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	16
6.3	TEMPO DI RITORNO DELL'EVENTO SISMICO	16
6.4	ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO	17
6.5	EFFETTI DI "SITO" (AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA)	19
6.6	EFFETTI DI "SITO" (AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA)	21
6.7	EFFETTI "DI SITO" (POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE)	21
7	CONCLUSIONI	23

1 NORMATIVE E CIRCOLARI DI RIFERIMENTO

1.1 NORMATIVA REGIONALE RELATIVA AI PIANI DI INTERVENTO INTEGRATI

L.R. 12 aprile 1999, n. 9. *“Disciplina dei programmi integrati di intervento”*. B.U. 16 aprile 1999, n.15, 1° suppl. ord.

D.G.R. 9 luglio 1999 – n. 6/44161. *“Adempimenti previsti dall’art. 7, comma 3 della legge regionale 12 aprile 1999, n. 9 «Disciplina dei programmi integrati di intervento»*. BURL ordinario n. 3, 1-2 agosto 1999.

1.2 NORMATIVA SISMICA E GEOTECNICA

D.M. 14/01/2008. *“Norme tecniche per le costruzioni”* – GU n°29 del 4/2/2008.

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Istruzioni per l'applicazione delle *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”* – Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27.

D.G.R. 30 novembre 2011. *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio [...]”*.

D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129. *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R.1/2000, art.3, c.108, lett. d)”*.

D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. XI/4144. *“Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»”*.

L.R. 12 ottobre 2015 n.33. *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”* BURL Supplemento n.42 del 16 ottobre 2015.

1.3 PRG DEL COMUNE DI SEGRATE

PGT gennaio 2012. *“Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 12/2005 e secondo i criteri del DGR n.8/7374/08”* – Relazione illustrativa e relative tavole.

Variante al PGT maggio 2016. *“Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 12/2005 e secondo i criteri del DGR n.8/7374/08”* – Relazione illustrativa e relative tavole.

2 GENERALITÀ

Il *Programma Integrato di Intervento* P.I.I. *“Quartiere Stazione”* di Segrate (MI) riguarda un’area di circa 80.000 m², localizzata nel territorio comunale di Segrate (MI) con accesso da Via Bellini e da Via Raffaello Sanzio.

È prevista la riqualificazione attraverso il recupero di un’area degradata e la realizzazione di nuovi edifici – a prevalente destinazione residenziale – e la creazione di un’area verde a scopo ludico-ricreativo.

In seguito ad una variante al PII rispetto a quanto attualmente in Convenzione ed al fine di poter attivare l’iter di approvazione della relativa variante urbanistica si è resa necessaria la revisione dell’originario *“Studio di fattibilità geologica”* (Allegato F) redatto nel 2006 (23.06.2006) a firma del Dott. geol. C. Leoni che, comunque, costituisce parte integrante della presente.

2.1 CONTENUTI DEL DOCUMENTO

La presente relazione analizza le problematiche relative all’**ambiente idrico** (acque superficiali e di falda), al **sottosuolo** (caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni in sito), alla **sismicità del sito** nonché alla **compatibilità con gli strumenti del PGT** vigente.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Il presente documento è stato redatto in accordo alle normative nazionali e regionali che regolano il *Programma Integrato di Intervento* (P.I.I.), la progettazione sismica, geologica e geotecnica nonché con quanto contenuto nella variante al PGT del comune di Segrate attualmente vigente (adozione con delibera comunale del 30.05.2016).

2.3 RIFERIMENTI PLANO-ALTIMETRICI

L'area interessata dal P.I.I. è ubicata (vedere Figura n. 2.1) a nord della stazione di Segrate (MI) ed occupa una superficie di circa 80.000 mq suddivisa in 3 lotti (denominati "1", "2" e "6").

Il terreno si presenta attualmente parzialmente urbanizzato con piano campagna a quota variabile tra +114,50 e +115,00 m slm.

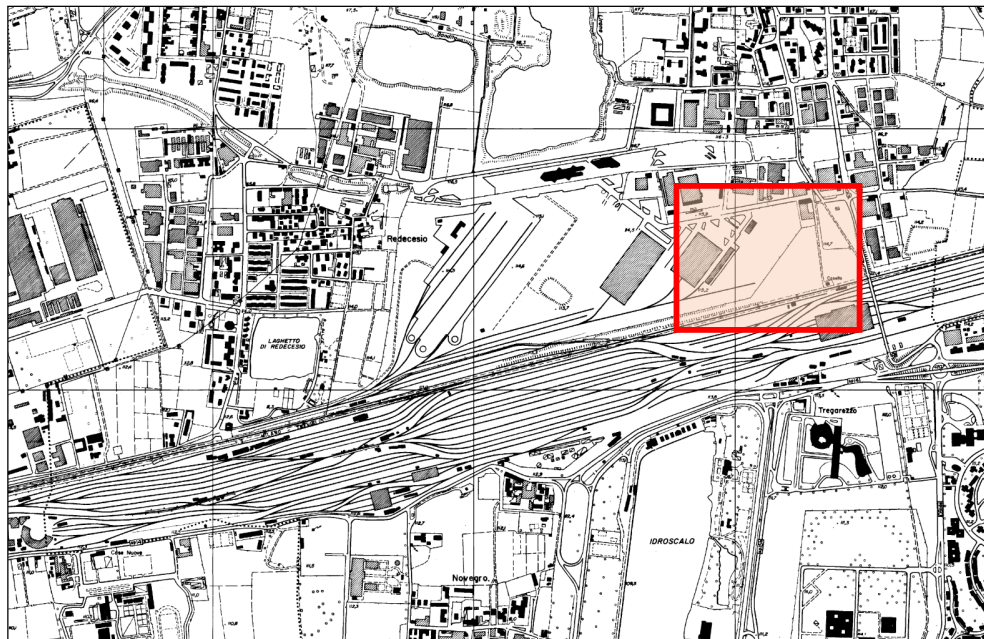


Figura n. 2.1 | Ubicazione dell'area di intervento

In Figura n. 2.2 è illustrata la nuova configurazione del P.I.I.



Figura n. 2.2 | Nuova configurazione del P.I.I.

2.4 CLASSIFICAZIONE E VITA ATTESA DELLE OPERE DI FUTURA EDIFICAZIONE

Per le opere di futura edificazione si può considerare una vita nominale (definita con riferimento alla Tabella n. 2.1 di cui alla normativa vigente) pari a 50 anni (opera ordinaria).

OPERA	TIPO	V_N
Parti d'opera provvisionali con $V_N \leq 2$ anni	1	≤ 2
Parti d'opera provvisionali con $2\text{anni} < V_N \leq 10$ anni	1	≤ 10
Opere ordinarie	2	≥ 50
Grandi opere	3	≥ 100

Tabella n. 2.1 | Tipo e vita nominale dell'opera (DM 14/01/2008 – tabella 2.4.I)

In relazione alle conseguenze di una interruzione di funzionalità o collasso in caso di sisma le opere in costruzione potranno ricadere in classi d'uso differenti come da Tabella n. 2.2 (cfr. tabella n. 2.4.II - NTC) seguente.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella n. 2.2 | Classi e coefficienti d'uso (DM 14/01/2008 - tabella 2.4.II)

Il periodo di riferimento (V_R) dell'evento sismico sarà pertanto definito definito (cfr. paragrafo n.2.4.3 - NTC) come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d'uso (C_U) ottenendo:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1 = \mathbf{50 \text{ anni}} \quad (\text{edifici residenziali senza funzione pubblica})$$

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1.5 = \mathbf{75 \text{ anni}} \quad (\text{edifici con affollamento significativo e/o funzione pubblica})$$

3 AMBIENTE IDRICO

Nel presente capitolo verranno definiti tutti i possibili impatti generati dal nuovo PII "Quartiere Stazione" sulla componente acqua, con particolare riferimento alla fase di gestione dell'opera. Verranno pertanto dapprima definite le condizioni dello stato di fatto dell'area ove si colloca l'intervento, per poi passare all'analisi delle azioni da esso generate, azioni potenzialmente in grado di modificare la componente stessa.

Lo stato di fatto verrà definito relativamente alle condizioni idrogeologiche ed idrografiche, utilizzando i dati desumibili dal Sistema Informativo Ambientale (SIA) della Città Metropolitana di Milano, dal Sistema Informativo Territoriale (SIT) della Regione Lombardia nonché dai documenti della variante al PGT (2016) oggi vigente.

Per quanto riguarda le azioni potenzialmente impattanti, queste saranno essenzialmente ricercate nelle potenziali emissioni in falda ed eventualmente nella rete idrografica derivanti dallo smaltimento delle acque nere e acque bianche provenienti dalle nuove funzioni insediate dal P.I.I.

3.1 ACQUE SUPERFICIALI

3.1.1 STATO DI FATTO

Nel territorio del comune di Segrate non sono presenti corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico **principale** ai sensi dell'All. A alla D.G.R. X/4229/2015.

È tuttavia presente una fitta rete di rogge, cavi e canali ad uso irriguo (classificati in secondari, terziari, adacquatori o IV ordine in base alle caratteristiche dimensionali e idrauliche) nonché di fontanili.

In Figura n.3.1 è illustrato un estratto della tavola 2 del PGT (variante 2016) che individua il reticolo superficiale nell'area di intervento. Si osserva che l'area è attraversata da un ramo del *Canale Adduttore A* che ritorna a scorrere in superficie, dopo un tratto tombinato, proprio in corrispondenza del confine nord della proprietà (vedi Foto nn. 1 e 2).

All'interno del lotto il canale descrive una "L", dirigendosi verso il confine sud/ovest dell'area, dove viene nuovamente intubato.

Nell'intorno dell'area in esame scorrono due fontanili, il *Fontanile Novegro* ad Ovest ed il *Fontanile Borromeo* ad Est, entrambi intubati.

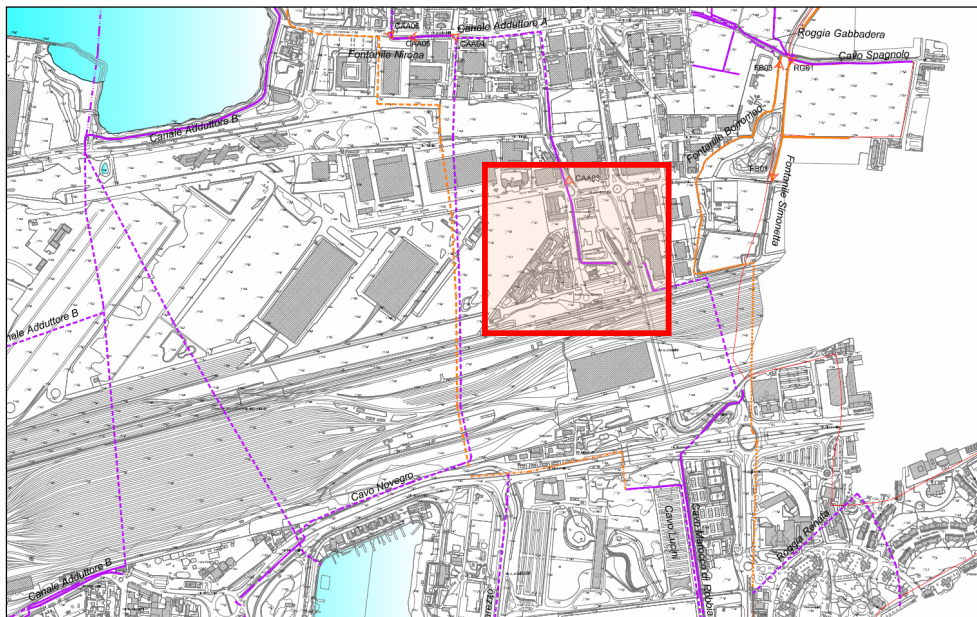


Figura n. 3.1 | Reticolo superficiale (fonte: PGT - Variante 2016 - Tav.2)



Foto n. 1 | Canale adduttore A – Tratto a valle del tronco intubato



Foto n. 2 | Canale adduttore A - Tratto presente dell'area del PII

3.1.2 POTENZIALI INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA SUPERFICIALE

Si dovranno prevedere idonei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche atti ad escludere qualsiasi potenziale interferenza con la rete idrografica esistente.

3.2 ACQUE SOTTERRANEE

3.2.1 STATO DI FATTO

Con riferimento ai documenti del PGT è possibile schematicamente definire il seguente schema idrostratigrafico (*"Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia"*, pubblicato nel 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni-Divisione Agip e aggiornato nel 2005):

- Gruppo Acquifero A (Olocene, Pleistocene Superiore – Pleistocene Medio); praticamente corrispondente alla suddetta unità ghiaioso-sabbiosa, costituisce la porzione superiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;
- Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle suddette unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie, costituisce la porzione inferiore del cosiddetto Acquifero Tradizionale;
- Gruppo Acquifero C (Pleistocene Inferiore [Siciliano ed Emiliano]); corrispondente alla porzione superiore della suddetta unità sabbioso-argillosa;
- Gruppo Acquifero D (Pleistocene Inferiore [Santerniano]); corrispondente alla porzione inferiore (Santerniano) della suddetta unità sabbioso-argillosa.

In particolare il Gruppo Acquifero A risulta la sede dell'acquifero superiore (*"primo acquifero"*) di tipo libero o localmente semiconfinato ed è tradizionalmente captata dai pozzi a scopo idropotabile di vecchia realizzazione e da pozzi privati.

Detto acquifero è presente con continuità in tutto il territorio comunale ed è costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvio-glaciale/fluviale di tipo braided. Dal punto di vista litologico sono presenti sedimenti prevalentemente grossolani ad elevata porosità e permeabilità (ghiaie a matrice sabbiosa medio grossolana con subordinati intervalli sabbiosi da medi a molto grossolani)

con intercalazioni di lenti e livelli limosi e limoso-argillosi generalmente privi di continuità laterale ma con spessori variabili plurimetrici. Lo spessore medio dell'unità è di circa 40-45 m con approfondimento a 50-60 m nei settori orientali.

In Figura n. 3.2 è illustrata la morfologia della superficie piezometrica (da tavole PGT 2016) dalla quale si evidenzia una falda radiale, con quote piezometriche prossime a +108 m slm (settembre 2014); le componenti del flusso idrico sotterraneo sono orientate NNE-SSW e il gradiente idraulico risulta maggiore nei settori centrali del territorio comunale (2.8÷2.9 ‰), riducendosi progressivamente nei settori meridionali (1.2÷2 ‰).

Da rilevare il ruolo svolto sulla piezometria della falda superiore dalla struttura dell'Idroscalo, che determinano a livello locale una distorsione del flusso idrico sotterraneo a causa del loro ruolo di richiamo e alimentazione.

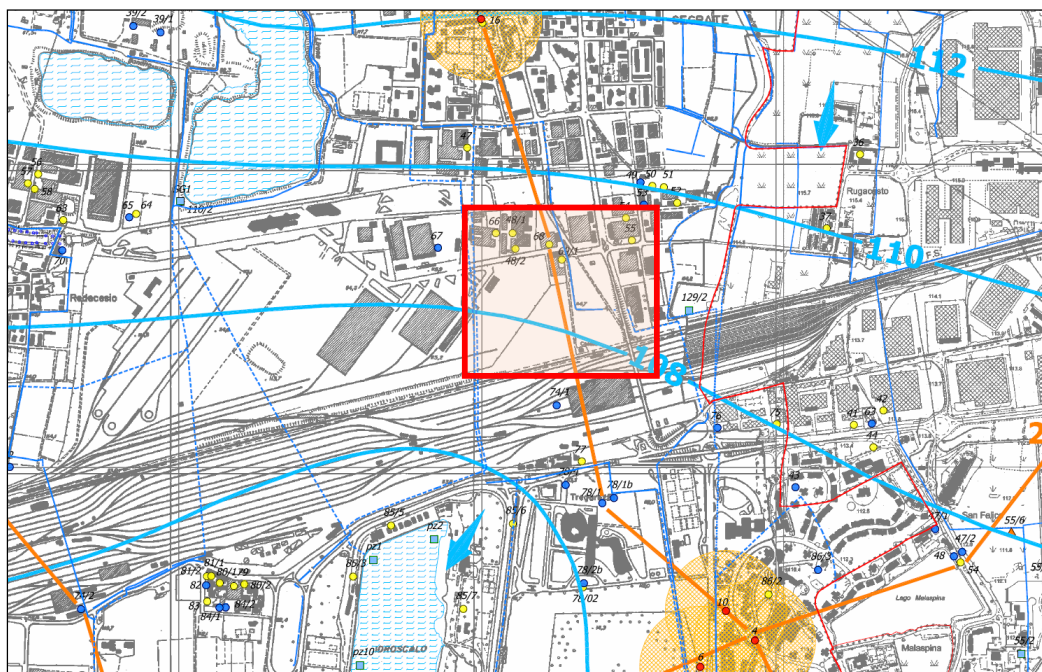


Figura n. 3.2 | Superficie piezometrica primo acquifero settembre 2014 - Fonte: Variante PGT - Tav.2

La dinamica nel tempo delle variazioni della superficie piezometrica risulta molto complessa e dettata da fattori naturali ed antropici. A scala pluriennale, le serie storiche evidenziano, dopo il minimo assoluto del 1976 e la successiva risalita del 1977, un progressivo e costante abbassamento della superficie piezometrica verificatosi dall'inizio degli anni '80 fino al primo semestre 1992, con approfondimento piezometrico di circa 7 m, in relazione ad un'alimentazione deficitaria degli acquiferi registrata a livello regionale, determinata dagli scarsi apporti meteorici di tale periodo.

Dal 1992 sino a tutto il 1997, si assiste ad un sensibile innalzamento dei livelli, in relazione ad un aumento della ricarica efficace che ha interessato l'alta e media pianura lombarda.

A partire dal 1998, si assiste ad una nuova tendenza alla progressiva decrescita piezometrica osservabile nella serie del piezometro di valle della *Cava Binella*, interrotta dal brusco innalzamento dei livelli fino a tutto il 2002, conseguente agli eventi alluvionali dell'ottobre 2000 e del novembre 2002.

La serie del piezometro di monte della *Cava Binella* evidenzia invece un continuo innalzamento fino al 2002, mentre la serie di altri pozzi evidenziano nello stesso periodo una stabilità.

Dal 2003-2004 al 2007 le quote piezometriche mostrano un andamento decrescente (escursione negativa di circa 3-4 m) a causa del regime siccitoso caratterizzante il periodo, contraddistinto da autunni/inverni con scarse precipitazioni anche nevose.

L'aumento delle precipitazioni registrato dal 2008-2009, con particolare incremento nell'ultimo triennio, ha determinato una generalizzata risalita dei livelli (escursione positiva di circa 3.5-4.0 m), rilevata sino al novembre 2015 (ultimo dato disponibile) fino a raggiungere valori di massimo storico.

L'alimentazione della falda superiore è localmente legata, oltre che all'afflusso da monte ed al regime meteorico, anche alla presenza di sistemi irrigui, che con i loro periodi irrigui e di asciutta condizionano il regime oscillatorio della falda.

A scala annuale, le serie storiche evidenziano cicliche oscillazioni stagionali legate ai periodi irrigui, che determinano massimi piezometrici tardo estivi o autunnali (agosto/settembre/ottobre) e minimi primaverili (maggio), con escursioni variabili in funzione dell'andamento climatico della stagione irrigua.

La soggiacenza dell'acquifero nell'area del P.I.I. può pertanto essere oggi assunta dell'ordine di 5-6m anche se occorre tenere presente (visto l'andamento della piezometrica in continua crescita) una potenziale riduzione della soggiacenza negli anni a venire oggi di difficile previsione.

3.2.2 POTENZIALI INTERFERENZE CON LE ACQUE DI FALDA

Come precedentemente descritto i nuovi interventi edificatori del P.I.I. in oggetto sono situati all'interno di un'area caratterizzata limitata soggiacenza della falda (5-6 m) in potenziale riduzione nei prossimi anni

Allo stato attuale non sono presenti pozzi ad uso idropotabile all'interno dell'area del P.I.I. (sono, infatti presenti solo i pozzi di presa e resa dell'impianto relativo al "Segrate village").

Essendo i pozzi dell'acquedotto più prossimi posti a distanza di circa 800m (quindi ben oltre le fasce di rispetto di 200 m prevista dalla norma) non si potranno generare interferenze con il cono di depressione generato dal prelievo in falda.

L'approvvigionamento idrico del complesso sarà affidato alla rete CAP esistente non essendo prevista l'escavazione di altri pozzi all'interno o nelle vicinanze dell'ambito

4 SOTTOSUOLO

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Con riferimento alla tavola GEO01 del PRG (Figura n. 4.1) si osserva che l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali riconducibili alla formazione del "supersintema di Besnate – Unità di Minoprio" (B.Mi) del Pleistocene medio superiore.

Nello specifico si tratta di **depositi fluvioglaciali e depositi di esondazione**. L'alterazione interessa circa il 30/40% dei clasti, da decarbonatati ad argillificati/arenizzati, per uno spessore medio inferiore ai 2 m. Priva di evidente copertura loessica colluviata (probabile asportazione per interventi antropici).

I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie massive a supporto di matrice sabbiosa medio grossolana o sabbioso limosa. Clasti da subarrotondati a subangolosi, con dimensioni modali centimetriche e massime decimetriche, a petrografia poligenica, con carbonati prevalenti.

I depositi di esondazione sono costituiti da sabbie ghiaiose, sabbie e sabbie limose.

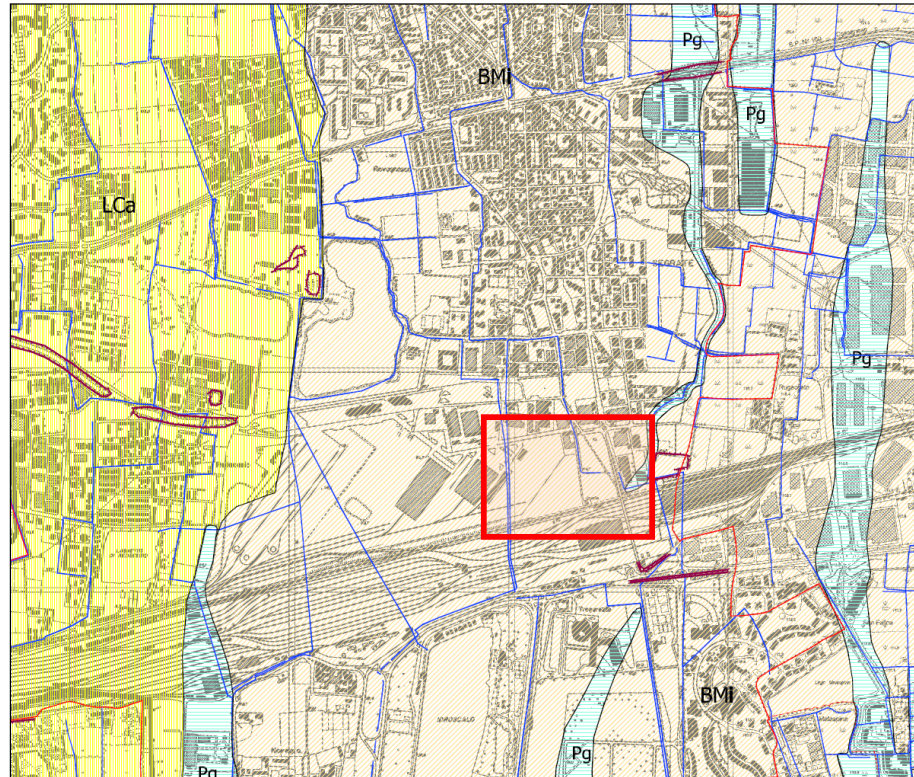


Figura n. 4.1 | Inquadramento geologico (Fonte: PRG variante 2016 - Tav. GEO01)

Nell'area non sono riscontrabili elementi geomorfologici di rilievo.

4.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Il modello geotecnico è stato definito sulla base di due successive campagne di indagine geognostica già eseguite nell'area del P.I.I. come di seguito dettagliato.

4.2.1 INDAGINE DEL 2007 (PORZIONE DI AREA OGGI GIÀ EDIFICATA)

La campagna di indagine del 2007 è consistita nell'esecuzione di:

- N. 6 sondaggi geognostici (denominati S1-S6) spinto ad un massimo di 25 m di profondità dal p.c. locale.
- N. 2 sondaggi sono stati attrezzati con piezometro.
- N. 60 prove penetrometriche dinamiche SPT in foro.
- N. 6 prove DPSH spinte a profondità prossime ad 11m dal p.c. locale.
- Prelievo di 23 campioni rimaneggiati (CR)
- Prove di laboratorio (analisi granulometrica e caratteristiche di plasticità) sui campioni rimaneggiati.

Le indagini sono state eseguite nell'area già edificata a NO della stazione ferroviaria operando da piano campagna (quota media compresa tra 114.00 e 114.50 m).

4.2.2 INDAGINE DEL 2011 (PORZIONE DI AREA OGGI NON EDIFICATA)

La campagna di indagine del 2011 (svolta dalla ditta Teknos Srl) è consistita nell'esecuzione di:

- N. 4 sondaggi geognostici (denominati S1-S4) spinto ad un massimo di 30 m di profondità dal p.c. locale.

- N. 59 prove penetrometriche dinamiche SPT in foro.
- Prelievo di N. 19 campioni rimaneggiati (CR).
- Prove di laboratorio (analisi granulometrica e caratteristiche di plasticità) sui campioni rimaneggiati.

Le indagini sono state eseguite nell'area non edificata a NE della stazione ferroviaria operando da piano campagna (quota media compresa tra 114.00 e 114.50 m).

4.2.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

L'analisi dei dati a disposizione consente di mettere in evidenza quanto segue (le profondità sono riferite al p.c. locale all'atto dell'indagine):

Da p.c. a 0.5÷2.0m

RIPORTO Si tratta di sabbia limosa di colore variabile dal marrone al grigio con ghiaia, ciottoli e resti di laterizi. Talvolta presenti componenti organiche.

Oltre 0.5÷2.0m fino alle massime profondità indagate (30m)

GHIAIA con sabbia. Si tratta di ghiaia con sabbia da media a grossolana generalmente poco limosa (CF < 10%) di colore variabile dal nocciola al grigio.

La continuità del deposito è interrotta da livelli più marcatamente sabbiosi dello spessore di circa 0.5-1.0 m caratterizzati comunque da modesto contenuto di limo e argilla (max. 20%).

Nel complesso lo stato di addensamento appare sempre elevato e crescente all'aumentare della profondità come evidenziato dai risultati delle prove SPT (in Figura n.4.2 si riporta il grafico dei valori SPT misurati nell'ambito della campagna di indagine del 2011).

A partire da circa 14÷15m le prove SPT registrano condizioni di rifiuto in seguito all'aumento della frequenza di ciottoli e clasti di dimensione comprese tra 80 e 120mm.

Ai fini della presente si definisce pertanto la stratigrafia "di riferimento" di cui alla Tabella n. 4.1.

PROFONDITÀ (M DA P.C. LOCALE)	DESCRIZIONE	NOTE
Da 0.0 a 2.0 m	TERRENO DI RIPORTO : sabbia limosa di colore variabile dal marrone al grigio con ghiaia, ciottoli e resti di laterizi.	Non si escludono approfondimenti locali fino a profondità maggiori in seguito a lavorazioni pregresse.
Da 2.0 m a 14÷16 m	Ghiaia con sabbia da media a grossolana generalmente poco limosa (CF<10%) di colore variabile dal nocciola al grigio.	Addensamento crescente con la profondità (cfr. Figura n. 2.2).
Da 14÷16 m a 30 m	Presenti livelli discontinui più marcatamente sabbiosi di spessore prossimo al metro (CF<20%). Colore variabile dal nocciola al grigio	Aumento della frequenza di ciottoli e clasti di dimensione comprese tra 80 e 120 mm. SPT a "rifiuto".

Tabella n. 4.1 | Stratigrafia di riferimento

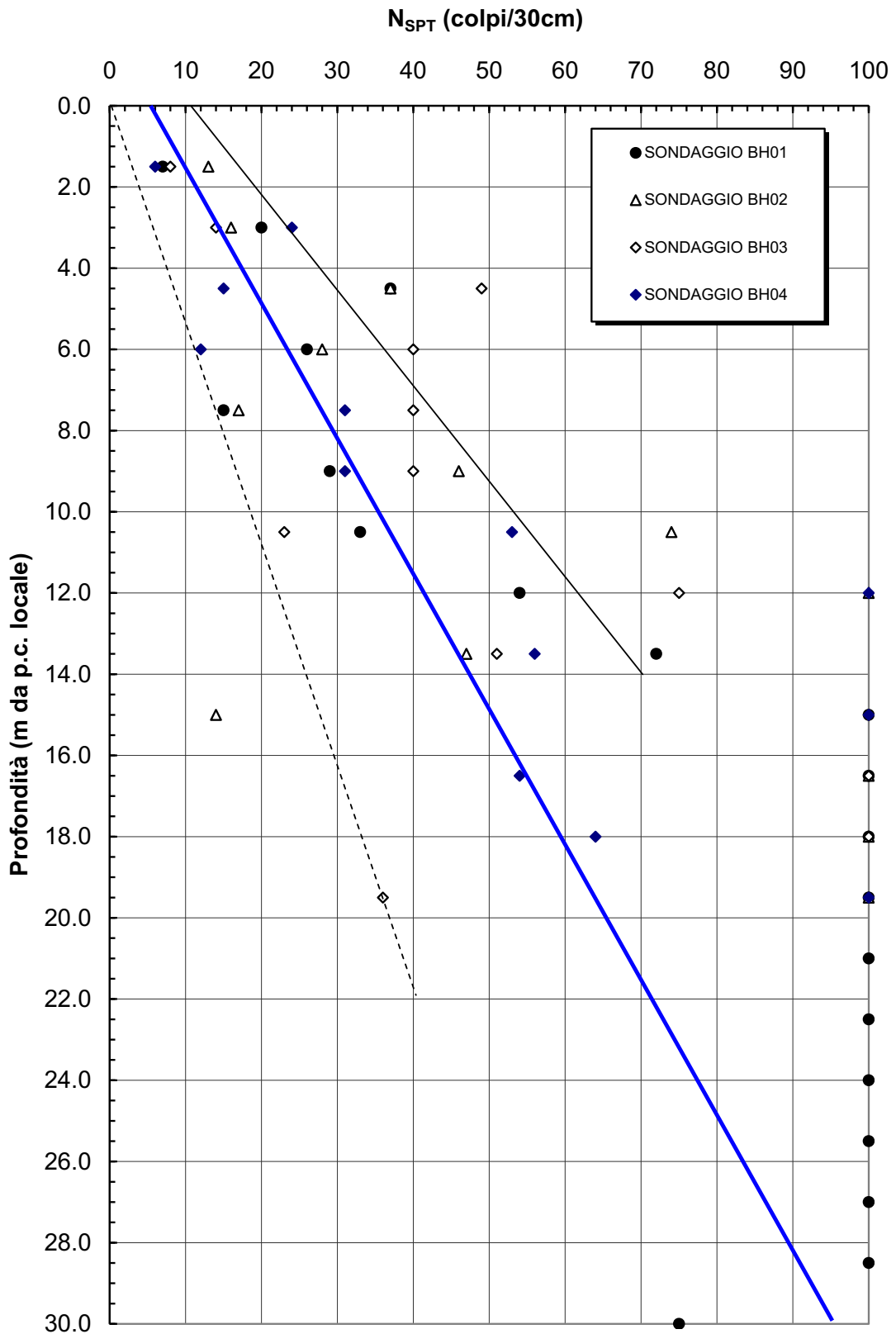


Figura n. 4.2 | Prove SPT - Campagna di indagine 2011

4.2.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In Tabella n. 4.2 e Figura n. 4.3 sono riportati i fusi granulometrici dei campioni prelevati nei sondaggi del 2011 mentre in Figura n. 4.4 è illustrato l'andamento con la profondità della densità relativa dei terreni di fondazione ricavato dai valori di SPT (campagna di indagine 2011).

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	GHIAIA		SABBIA			LIMO + ARGILLA %	LIMO %	ARGILLA %
			GROSSA	FINE	GROSSA	MEDIA	FINE			
			%	%	%	%	%			
S3	CR1	1.5	9.0	18.3	11.4	22.1	18.1	21.1	11.2	10.0
S4	CR1	1.5	2.0	11.3	5.9	18.4	23.2	39.2	24.1	15.1
S1	CR1	2.5	16.7	24.9	8.1	15.7	14.0	20.5		
S4	CR2	4.0	9.8	29.2	11.5	19.7	13.5	16.3		
S1	CR2	6.0	19.2	33.7	7.5	19.0	13.2	7.5		
S3	CR2	6.0	27.9	23.5	7.5	15.9	14.0	11.1		
S2	CR1	7.0	6.8	23.5	11.8	19.1	16.4	22.4		
S4	CR3	9.0	24.7	31.6	8.3	15.3	11.9	8.1		
S1	CR3	10.0	11.0	4.0	1.1	27.2	39.9	16.7		
S3	CR3	10.5	32.0	26.5	6.4	15.6	12.7	6.8		
S2	CR2	11.0	10.1	12.2	4.3	43.1	21.3	9.0		
S2	CR3	15.0	12.5	17.5	5.3	20.4	22.2	22.2		
S1	CR4	16.0	41.5	24.7	5.4	13.5	9.6	5.2		
S3	CR4	17.0	21.2	33.0	10.0	16.4	10.9	8.5		
S4	CR4	17.0	28.5	21.6	5.9	21.1	12.5	10.4		
S2	CR4	18.0	30.7	26.0	8.4	19.4	10.7	4.9		
S3	CR5	19.0	23.2	18.7	4.1	26.9	17.6	9.6		
S1	CR5	22.0	20.2	32.1	6.6	14.6	18.5	8.1		
S1	CR6	28.0	22.7	33.9	9.6	15.1	11.5	7.2		

Tabella n. 4.2 | Caratteristiche granulometriche - Campagna di indagine 2011

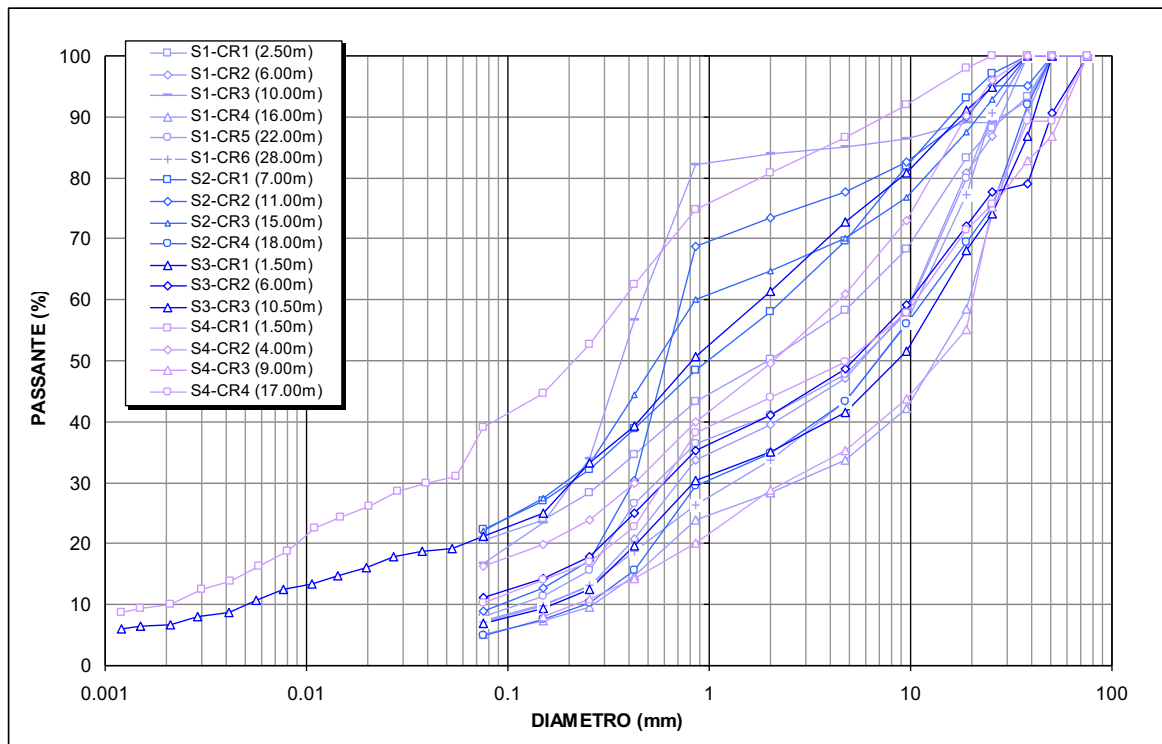


Figura n. 4.3 | Fusi granulometrici - Campagna di indagine 2011

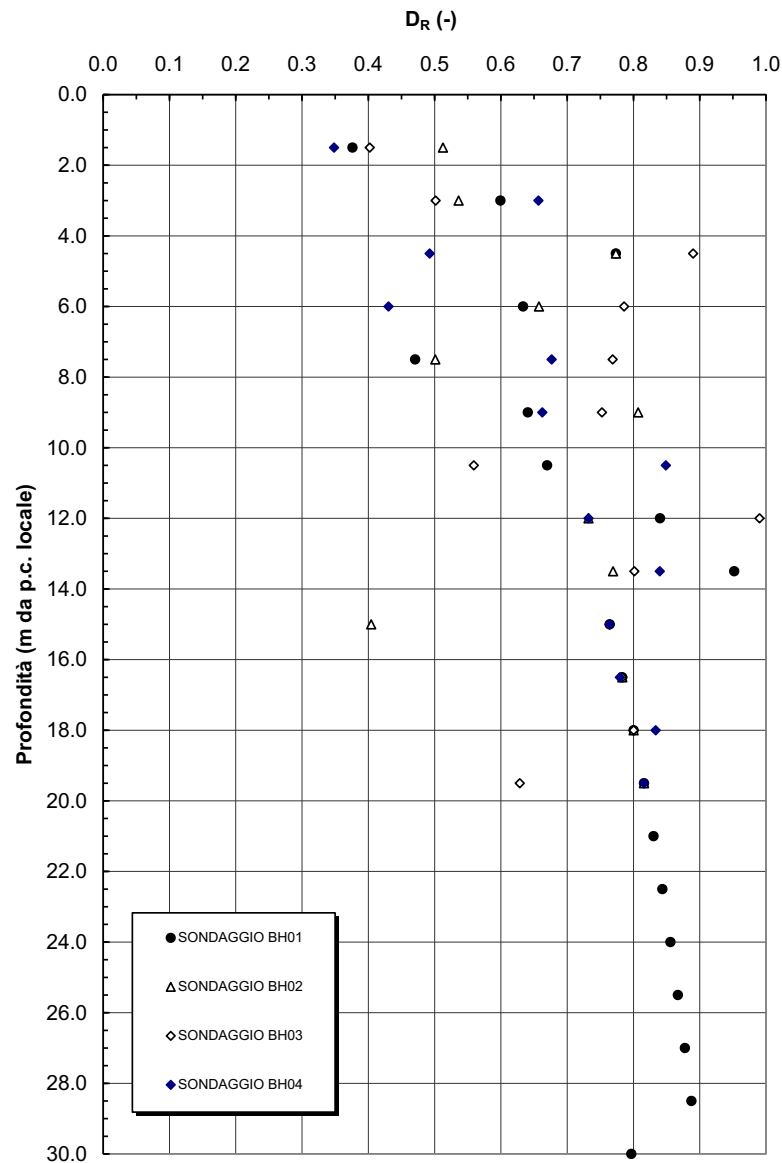


Figura n. 4.4 | Densità relativa da SPT - Campagna di indagini 2011

Quanto esposto consente di concludere che il terreno di fondazione (esclusa la porzione di riporto superficiale) è costituito da **materiali a comportamento granulare (sabbia e ghiaia) molto ben addensati** (vedere figura n.4.4) e di elevata rigidità. A titolo indicativo (da confermare con ulteriori indagini integrative) si possono stimare i seguenti parametri geotecnici *caratteristici*:

R = densità relativa =	crescente da 50% a 90% (Figura n. 4.4)
ϕ'_{cv} = angolo di attrito "a volume costante" =	32÷34°
ϕ'_k = angolo di attrito <i>caratteristico</i> =	35÷38°
c'_k = coesione efficace =	0.0kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico [MPa] =	10 + 6·z (z in m da p.c.)
ν' = coefficiente di Poisson =	0.25÷0.30
K = permeabilità media dell'acquifero =	1.0E ⁻¹ ÷ 1.0E ⁻² cm/s

4.3 POTENZIALI INTERFERENZE CON SUOLO E SOTTOSUOLO

Sulla base del modello geotecnico proposto e considerando che la quota di imposta delle fondazioni sarà tale da prevedere comunque la completa asportazione degli strati di riporto superficiale, è possibile indicare che **il terreno di fondazione sarà idoneo per l'imposta diretta delle fondazioni.**

Si dovrà, invece, tenere in debito conto la **problematica relativa alla modesta soggiacenza della falda** (5-6 m da p.c.) che potrà comportare il progetto di eventuali opere di *dewatering* provvisoria in fase di realizzazione delle fondazioni nonché di opportune opere di impermeabilizzazione delle strutture interrato qualora queste vengano impostate a quota inferiore al livello piezometrico "di progetto".

5 COMPATIBILITÀ GEOLOGICA

Con riferimento alla tavola GEO009a del PGT (variante 2016) è possibile constatare che l'area in esame (vedere Figura n. 5.1) ricade in **Classe di Fattibilità Geologica 2BMi** (ex DGR IX/2616/11) definita:

"Favorevole con modeste limitazioni connesse alla verifica puntuale delle caratteristiche portanti e di drenaggio dei terreni superficiali, alla salvaguardia dell'acquifero libero e all'assetto idrogeologico locale".

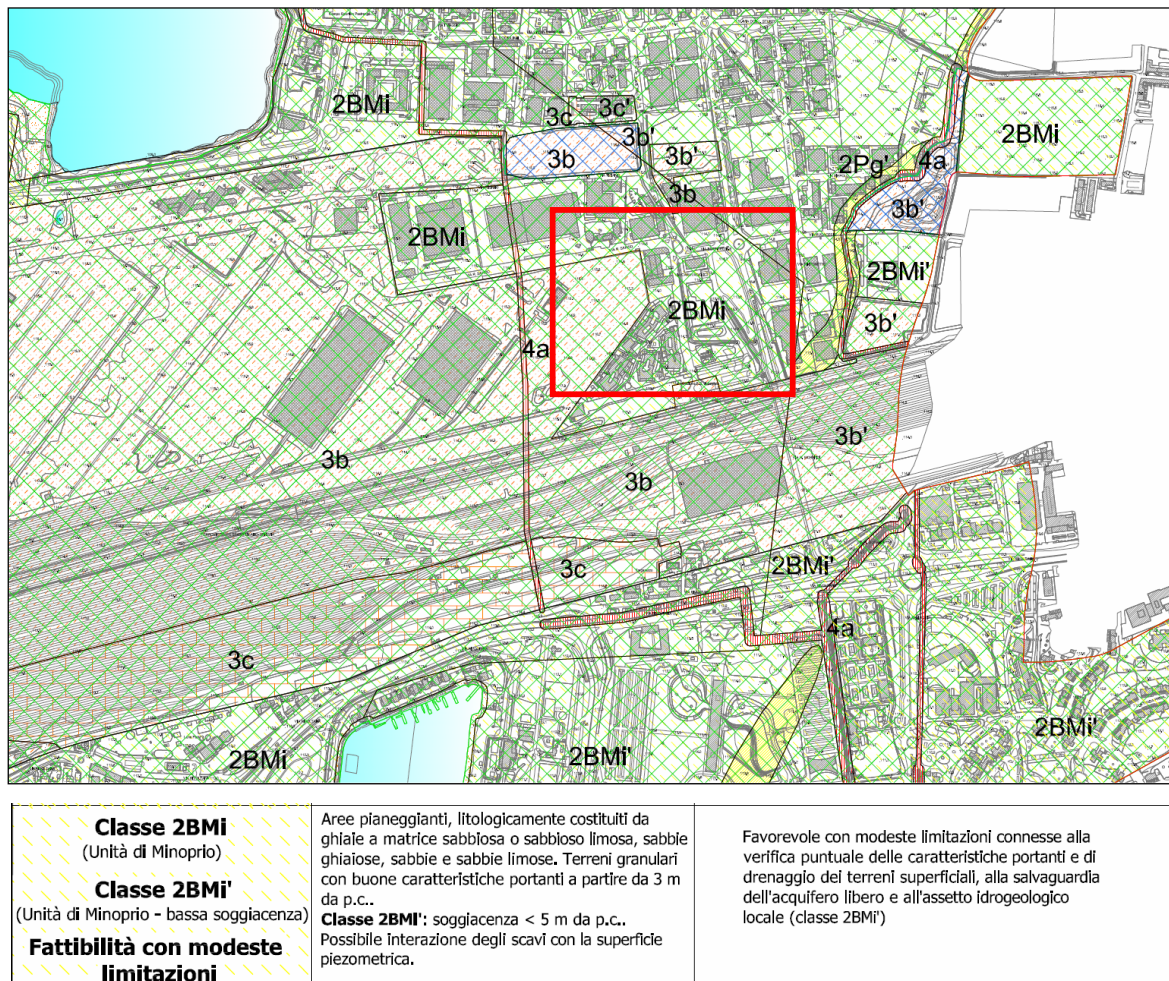


Figura n. 5.1 | Fattibilità geologica (Fonte PRG variante 2016 - Tav.GEO009a)

6 SISMICITÀ DELL'AREA

6.1 CLASSIFICAZIONE E ZONA SISMICA

In accordo con la normativa regionale vigente [D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»] tutto il territorio comunale di Segrate (cod. 03015205) è stato recentemente riclassificato in:

“zona 3”

6.2 INDICATORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica può essere rappresentata per mezzo di differenti “*indicatori*” quali l'intensità macrosismica (I) e l'accelerazione orizzontale di picco (in qualche modo correlabile alla magnitudo). Tali indicatori rappresentano aspetti diversi dello stesso fenomeno.

In particolare l'**accelerazione orizzontale di picco** (a_g) coglie l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica.

L'intensità macrosismica (I) rappresenta, invece, in un certo senso le conseguenze socio-economiche; descrivendo infatti il grado di danneggiamento causato dai terremoti, una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

Nel caso specifico si considera (in accordo con la Normativa vigente) come indicatore della pericolosità la *accelerazione orizzontale massima* su suolo roccioso.

6.3 TEMPO DI RITORNO DELL'EVENTO SISMICO

Il valore di progetto degli indicatori di pericolosità viene definito in funzione della “*probabilità di superamento*” in un dato “*tempo di ritorno*” (tipicamente si considera una soglia di non superamento nel 90% dei casi in 50 anni ovvero una probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

È noto inoltre che il “*tempo di ritorno*” e la “*probabilità di superamento*” sono due grandezze tra loro correlate come segue:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

dove:

T_R = tempo di ritorno

V_R = vita di riferimento dell'opera = 50 anni (vedere capitolo 1 della presente)

P_{VR} = probabilità di superamento nella vita dell'opera

La probabilità di superamento dipende, a sua volta, dallo stato limite di verifica. Con riferimento alle NTC (Tabella n.3.2.1) si definiscono i valori di cui alla Tabella n. 6.1:

STATI LIMITE		P_{VR}
Stati limite di servizio	SLO (operatività)	81%
	SLD (danno)	63%
Stati limite ultimi	SLV (salvaguardia della vita)	10%
	SLC (collasso)	5%

Tabella n. 6.1 | Probabilità di superamento

La scelta dello stato limite di verifica dipende dalla classe d'uso della struttura e dal tipo di verifica come suggerito in Tabella n. 6.2. Ai fini della presente si considerano come stati limite caratteristici lo "stato limite di danno" (**SLD**) e lo "stato limite di salvaguardia della vita" (**SLV**).

SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2	x	x		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	§ 7.2.2	x	x	x	x
	Resistenza delle strutture	§ 7.3.6.1	x	x	x	x
	Duttilità delle strutture	§ 7.3.6.2	x	x	x	x
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Stabilità del sito	§ 7.11.3	x	x	x	x
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	§ 7.11.4	x	x	x	x
	Resistenza del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Stabilità dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
	Stabilità delle paratie	§ 7.11.6.3.2	x	x	x	x
Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	§ 7.11.6.4.2	x	x	x	x	
SLC	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	§ 7.2.1	x	x	x	x
	Capacità di spostamento degli isolatori	§ 7.10.6.2.2	x	x	x	x

Tabella n. 6.2 | Criteri di scelta dello stato limite di riferimento

6.4 ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO

Il valore di accelerazione orizzontale massima nello specifico sito di interesse viene determinato con riferimento ai valori puntuali già definiti per un'apposita griglia (10x10km) da uno studio dell'INGV e riassunti nelle tabelle di cui all'allegato B delle NTC cui si rimanda.

In particolare il valore al sito viene definito mediando (in funzione della distanza) l'entità dell'accelerazione caratteristica dei 4 nodi più prossimi al sito stesso come di seguito indicato (analogo procedimento può essere adottato per gli altri parametri sismici $[F_0$ e $T^*_{c1}]$):

$$a_g = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{a_{g,i}}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- a_g = accelerazione massima suolo tipo A nel sito
 $a_{g,i}$ = accelerazione massima suolo tipo A nell'i-esimo punto
 d_i = distanza del sito da i-esimo punto

Qualora, poi, il citato reticolo non riporti il valore di accelerazione per il tempo di ritorno voluto, questo potrà essere ottenuto interpolando i dati relativi ai tempi di ritorno più prossimi come di seguito indicato (analogo procedimento può essere adottato per gli altri parametri sismici [F_0 e T^*_C]):

$$\log(a_g) = \log(a_{g1}) + \log\left(\frac{a_{g1}}{a_{g2}}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Dove:

- a_g = accelerazione massima suolo tipo A nel sito per T_R
 $a_{g1} - a_{g2}$ = accelerazione massima suolo tipo A relativa ai tempi di ritorno più prossimi
 $T_{R1} - T_{R2}$ = tempi di ritorno più prossimi

Nel caso specifico in studio è possibile fare riferimento alle seguenti coordinate geografiche (WGS84) "baricentriche" rispetto all'area del P.I.I.:

Latitudine: 45,48183

Longitudine: 9,2983026

In Tabella n. 6.3 è invece riportato il numero identificativo dei nodi considerati con relative coordinate geografiche e distanza rispetto al sito in esame.

PUNTO	ID	LAT	LONG	DISTANZA (m)
1	12262	45,4618	9,2885	2'483,1
2	12263	45,4642	9,3595	5'121,4
3	12041	45,5142	9,3560	5'628,8
4	12040	45,5117	9,2848	3'413,9

Tabella n 6.3 | Reticolo di riferimento - Coordinate

Ne derivano i parametri sismici (a_g , F_0 e T^*_C) di cui alla Tabella n. 6.4 relativi agli stati limite ed al tempo di ritorno considerati.

STATI LIMITE	Classe d'uso II ($V_R = 50$ anni)				Classe d'uso III ($V_R = 75$ anni)			
	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (-)	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (-)
SLD	50	0.027	2.540	0.200	75	0.032	2.555	0.215
SLV	475	0.058	2.628	0.283	712	0.065	2.638	0.290

Tabella n. 6.4 | Parametri sismici al sito - Suolo tipo A affiorante

6.5 EFFETTI DI "SITO" (AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA)

Sempre con riferimento alla tavola GEO009a del PGT (variante 2016) è possibile constatare che l'area in esame (vedere Figura n. 5.1) ricade in ambito (tratteggio retinato verde) per il quale vale quanto segue:

Analisi di approfondimento sismico di 2° livello di verifica locale solo nei casi di edilizia singola uni-bifamiliare, 3 piani al massimo, di limitata estensione.
 In tal caso, se $F_a > \text{soglia}$: analisi di approfondimento di 3° livello o uso degli spettri di normativa per la categoria di suolo superiore.
 In tutti gli altri casi: analisi di approfondimento di 3° livello o uso degli spettri di normativa per la categoria di suolo superiore.

Nel caso specifico in studio si dovrà pertanto procedere ad approfondimenti di 3° livello o all'uso di spettri di norma relativi a categoria di suolo superiore rispetto a quello definibile in base ai criteri di cui a NTC-2008 (vedere di seguito).

Come approfondimenti di 3° livello la norma prevede quanto segue (per maggiori dettagli si rimanda comunque al testo della Norma):

- Per l'analisi degli effetti di instabilità vengono prescritte modellazioni numeriche (ad esempio mediante codici di calcolo ad elementi finiti) finalizzate alla verifica di stabilità dei versanti in termini di:
 - Coefficiente di accelerazione critica (K_c) in condizioni pseudo-statiche.
 - Spostamento atteso (s) in condizioni dinamiche.
- Per l'analisi degli effetti di cedimento e liquefazione vengono prescritte valutazioni quantitative delle aree soggette a liquefazione/cedimento mediante approcci di letteratura.
- Per l'analisi degli effetti di amplificazione morfologica/litologica vengono prescritte analisi di risposta sismica locale da eseguirsi mediante specifici codici di calcolo in grado di simulare la risposta del sito ad un segnale sismico di input (rappresentato tipicamente da un accelerogramma) in funzione della stratigrafia locale e dei parametri dinamici e dissipativi del terreno.

Per la definizione della categoria di suolo ex NTC-2008 ad oggi si può solo ricorrere ad un approvvio di tipo "indiretta" valutando la distribuzione delle onde di taglio sulla base dei risultati delle prove SPT (vedi Figura n. 4.2) in accordo con quanto definito nella tabella n.6.5 ottenendo quanto segue:

$$N_{SPT,30} = 15+50\text{colpi}/30\text{cm}$$

Categoria	Descrizione (tabelle 3..2.II e 3.2.III - NTC)	S_s (tabella 3.2.V – NTC)	N_{SPT} (colpi/30cm)	C_u (kPa)	V_{s-30} (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3m	1.00	--	--	> 800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$1.00 \leq 1.4 - (0.4 \cdot F_o \cdot a_g) \leq 1.20$	> 50	> 250	360+800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$1.00 \leq 1.7 - (0.6 \cdot F_o \cdot a_g) \leq 1.50$	15+50	70+250	180+360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$0.90 \leq 2.4 - (1.5 \cdot F_o \cdot a_g) \leq 1.80$	< 15	< 70	< 180
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20m posti sul substrato di riferimento.	$1.00 \leq 2.0 - (1.1 \cdot F_o \cdot a_g) \leq 1.60$	--	--	--
S1	Depositi che includono uno strato di almeno 8m di terreno a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3m di torba o di argille altamente organiche.	(*)	--	10+20	< 100
S2	Depositi soggetti a liquefazione, argille sensitive, ecc.	(*)	--	--	--
(*) - Da definire sulla base di specifici studi					

Tabella n. 6.5 | Effetti stratigrafici - Categorie del suolo e parametro S_s (DM 14/01/2008)

Da cui:

Terreno tipo C → $S_s = 1.50$ (da prove SPT disponibili)

Vista l'importanza di tale parametro e l'impatto sui costi della progettazione si suggerisce, comunque, un approfondimento dell'argomento mediante indagini di sito (es: down-hole, MASW o altro) in grado di determinare per via "diretta" l'andamento delle onde di taglio (v_s) con la profondità.

6.6 EFFETTI DI "SITO" (AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA)

Per quanto concerne gli effetti di amplificazione dovuti alla topografia del sito si fa riferimento alla Tabella n. 6.6 ed alla Figura n. 6.1 di cui al seguito.

CATEGORIA	DESCRIZIONE DEL PENDIO	UBICAZIONE STRUTTURA	S_T
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media superiore a 30°	In corrispondenza della cresta	1.4
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°	In corrispondenza della cresta	1.2
T2	Pendii con inclinazione media superiore a 15°	In corrispondenza della sommità	1.2
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a 15°	--	1.0

Tabella n. 6.6 | Coefficiente di amplificazione topografica (DM 14/01/2008 - tabelle 3.2.IV e 3.2.VI)

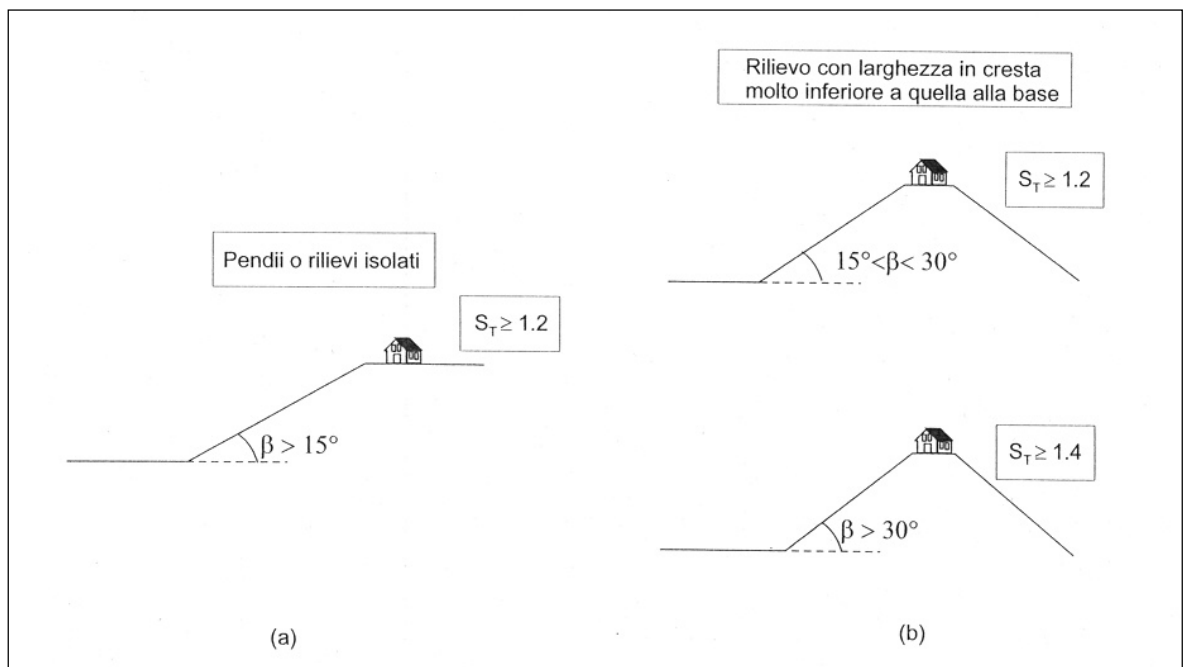


Figura n. 6.1 | Coefficiente di amplificazione topografica

Nel caso particolare in esame (terreno pianeggiante) si assume $S_T = 1.0$.

6.7 EFFETTI "DI SITO" (POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE)

Si fa riferimento a quanto prescritto dalle NTC (2008) ove vengono elencate le circostanze per le quali la verifica può essere omessa (se ne deve manifestare ALMENO una):

- Magnitudo dell'evento atteso $M < 5$.
- Accelerazione massima al suolo (a_{max}) in condizioni di free-field inferiore a 0.1g.
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15m e fondazioni di tipo superficiale.
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura n. 6.2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura n. 6.3 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ [$U_c = D_{60}/D_{10}$]

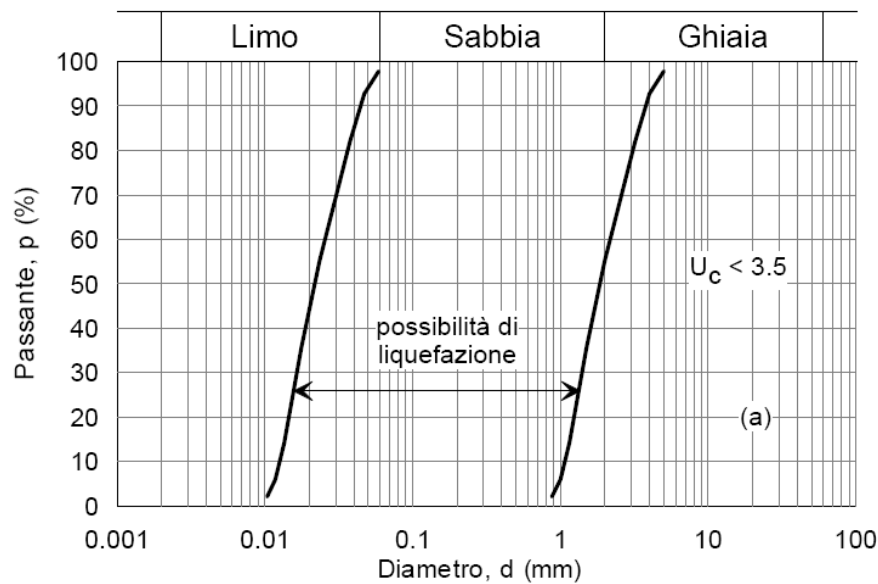


Figura n. 6.2 | Fuso di terreno suscettibile di liquefazione ($U_c < 3.5$)

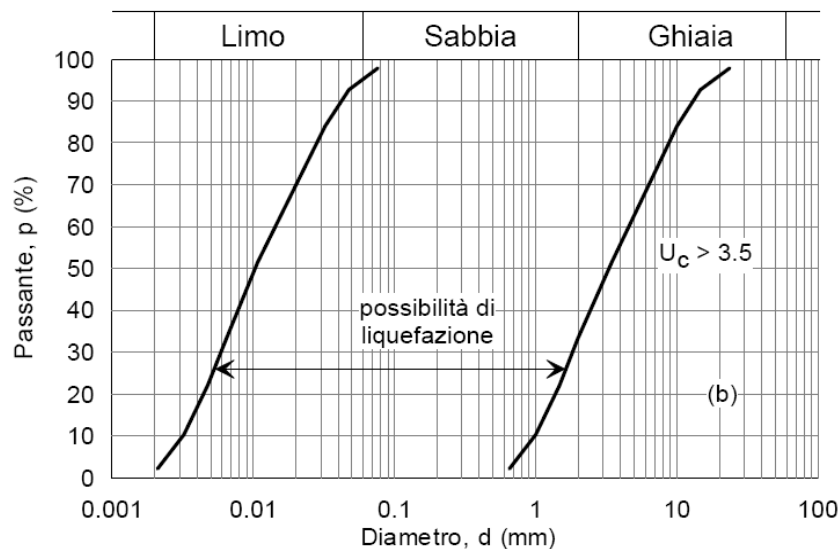


Figura n. 6.3 | Fuso di terreno suscettibile di liquefazione ($U_c > 3.5$)

Appare evidente che, indipendentemente dalle caratteristiche granulometriche, l'analisi può essere comunque omessa in quanto il sito presenta bassa sismicità ($a_{max} < 0.1g$).

7 CONCLUSIONI

Il P.I.I. in oggetto non presenta influenze significative sul suolo e sottosuolo dell'area in quanto il progetto prevede fondazioni e scavi limitati ai livelli più superficiali.

Con riferimento agli strumenti di Piano vigenti è possibile constatare che l'area in esame ricade in **Classe di Fattibilità Geologica 2B_{Mi}** (ex DGR IX/2616/11) definita come "Favorevole con modeste limitazioni connesse alla verifica puntuale delle caratteristiche portanti e di drenaggio dei terreni superficiali, alla salvaguardia dell'acquifero libero e all'assetto idrogeologico locale".

Sulla base del modello geotecnico proposto si ritiene che il terreno in sito (costituito da materiali granulari [sabbia e ghiaia] ben addensati) sia **idoneo all'imposta anche diretta delle strutture di fondazione** dei nuovi edifici sia in relazione alla capacità portante che alle deformazioni dirette ed indotte. La profondità del piano di imposta presunto permetterà il completo superamento della porzione di terreno superficiale (di spessore massimo prossimo ad un paio di metri) costituito da riporti antropici cui competono, invece, scadenti caratteristiche geotecniche in relazione al modesto stato di addensamento ed all'eterogeneità del terreno stesso.

La **presenza della falda superficiale a modesta soggiacenza** (5+6 m da p.c. locale) rappresenta un elemento di rilevante importanza che dovrà essere tenuto in debito conto nella progettazione delle nuove strutture (impermeabilizzazioni) nonché nella cantierizzazione delle stesse. La soggiacenza di riferimento dovrà essere definita con i dovuti margini di sicurezza nell'ambito dei successivi sviluppi progettuali.

Per quanto concerne, invece, le possibili **interferenze tra gli interventi in progetto e la componente acqua del reticolo idrografico** si esprimono le seguenti considerazioni:

- l'approvvigionamento idrico dell'intero complesso sarà affidato alla rete acquedottistica esistente; non è, infatti, in previsione l'esecuzione di nuovi pozzi di emungimento di acqua potabile.
- Si dovranno prevedere idonei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche atti ad escludere qualsiasi potenziale interferenza con la rete idrografica esistente.

Per quanto attiene agli **aspetti sismici** si evidenzia che il comune di *Segrate* (cod. 03015205) è da classificare in **zona 3** in accordo con la recente riorganizzazione del territorio della *Regione Lombardia* (D.G.R. 11 luglio 2014). Per i parametri sismici si rimanda alla Tabella n. 6.4.

In merito agli "**effetti di sito**", considerando le indagini a disposizione è possibile attribuire all'area in oggetto le caratteristiche di un **terreno tipo "C"** così come definito in NTC-2008. Si suggerisce, comunque, un approfondimento dell'argomento mediante indagini di sito (es: down-hole, MASW o altro) in grado di determinare per via "**diretta**" l'andamento delle onde di taglio (v_s) con la profondità.

Gli strumenti di piano vigenti (tavola GEO009a del PGT - variante 2016) impongono, comunque, il ricorso ad **approfondimenti di 3° livello** o, in alternativa, l'uso di spettri di norma relativi a categoria di suolo superiore rispetto a quello definito in base ai criteri di cui a NTC-2008.

Rimandando alla Norma per i dettagli, si evidenzia che, nel caso specifico, gli approfondimenti di 3° livello prescritti consistono nell'analisi di risposta sismica locale da eseguirsi mediante specifici codici di calcolo in grado di simulare la risposta del sito ad un segnale sismico di input (rappresentato tipicamente da un accelerogramma) in funzione della stratigrafia locale e dei parametri dinamici e dissipativi del terreno.

Si escludono, infine, limitazioni correlate al potenziale di liquefazione.

