

| | |
|---|----|
| Elaborati cartografici: | 2 |
| Allegati: | 2 |
| 1. Premessa | 3 |
| 2. Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di indagine ... | 4 |
| 3. Inquadramento idrogeologico ed idrografico dell'area di indagine... | 7 |
| 4. Indagini eseguite | 14 |
| 4.1. Prove penetrometriche dinamiche continue..... | 14 |
| 4.2. Sondaggi a carotaggio continuo..... | 16 |
| 4.3. Prove di assorbimento tipo Lefranc a carico variabile per la valutazione della permeabilità k dei terreni superficiali..... | 17 |
| 4.4. Indagini geofisiche con la metodologia Masw | 19 |
| 5. Modello geotecnico del sottosuolo | 23 |
| 5.1. Correlazioni utilizzate per il calcolo dei parametri geotecnici..... | 29 |
| 6. Gli interventi in progetto | 30 |
| 6.1. Indicazioni progettuali..... | 31 |
| 8. Valutazione degli effetti sismici di sito | 34 |
| 7.1 Analisi di terzo livello..... | 36 |
| 9. Valutazione della permeabilità dei terreni..... | 47 |
| 10. Compatibilità geologica dell'intervento e analisi della vincolistica | 48 |
| 11. Considerazioni conclusive | 53 |

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

Elaborati cartografici:

- **Tavola 1: carta corografica dell'area oggetto dell'intervento**
- **Tavola 2: ubicazione delle indagini geognostiche**
- **Tavola 3: carta litologica dei terreni superficiali**
- **Tavola 4: carta idrogeologica**
- **Tavola 5: carta dell'idrografia superficiale**
- **Tavola 6: estratto della carta della fattibilità geologica vigente**
- **Tavola 7: estratto della tavola dei vincoli - variante parziale al p.r.g. per il reticolo idrografico minore**
- **Tavola 8: proposta di carta della fattibilità geologica - ai sensi della l.r. 11 marzo 2005, n.12**

Allegati:

- **Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche**
- **Stratigrafie sondaggi geognostici**
- **Prove Lefranc a carico variabile**
- **Prove sismiche con metodologia MASW**

Relazione geologica e geotecnica*Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico*

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

1. Premessa

In seguito all'incarico conferito da FDA International, con sede in Via G. Agnesi n.12 a Milano, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche volta alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche dell'area dello Scalo Ferroviario di Vignate, per il quale è in progetto un intervento di ampliamento.

L'indagine in particolare è consistita nell'esecuzione di n°10 prove penetrometriche dinamiche continue, n°2 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di -15 m da p.c., n°3 prove di assorbimento tipo Lefranc per la valutazione della permeabilità dei terreni superficiali e n.3 indagini geofisiche mediante la metodologia MASW. Le prove sono risultate necessarie per la ricostruzione del modello geotecnico significativo del sottosuolo e per la valutazione degli effetti sismici di sito così come disposto dalla *D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005*.

Viene quindi effettuata la verifica della compatibilità geologica dell'intervento con particolare riferimento alla Carta della Fattibilità Geologica del PRG vigente.

La presente relazione viene redatta ai sensi del *D.M. 11 marzo 1988* e delle successive circolari ministeriali che fissano le norme tecniche per le indagini sui terreni con indicazioni geologiche e geotecniche riguardo alle scelte del progetto definitive, e del *D.M. 14 settembre 2005*.

Nello specifico la relazione viene così articolata:

- definizione delle condizioni geologiche ed idrogeologiche locali;
- definizione del modello geotecnico del sottosuolo e parametrizzazione dei terreni;
- Indicazioni progettuali;
- Valutazione degli effetti sismici di sito;
- Valutazione della permeabilità dei terreni superficiali;

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

- Valutazione della compatibilità geologica dell'intervento con gli strumenti urbanistici.

2. Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di indagine

2.1. Geologia

L'area di studio può essere inquadrata nel settore della media pianura poiché si colloca subito a valle delle estreme propaggini terrazzate dell'alta pianura milanese che arrivano fino ai comuni di Gessate e Bellinzago Lombardo.

Si tratta di un settore caratterizzato da una morfologia blanda con pendenza generalizzata verso sud variabile intorno al 3 per mille.

Questo settore della media pianura è costituito interamente da materiali attribuibili al Fluvioglaciale e Fluviale wurmiano (Pleistocene superiore) e l'insieme di queste superfici viene chiamato Livello Fondamentale della Pianura (LFP).

Da un punto di vista tessiturale vengono distinte da Nord a Sud delle fasce a granulometria decrescente, passando dalla fascia a ghiaie prevalenti, poi a sabbie e ghiaie e infine la fascia a sabbie prevalenti. In direzione est-ovest non si hanno differenze significative dal punto di vista granulometrico, mentre si hanno delle radicali differenze litologiche in quanto varia la natura delle zone di alimentazione. Nel settore orientale della pianura lombarda prevalgono i sedimenti carbonatici derivanti dal disfacimento delle Alpi meridionali carbonatiche di età mesozoica.

La dinamica evolutiva che ha caratterizzato questa porzione della pianura Padana infatti è dovuta con l'inizio della fase erosiva di tutto l'arco alpino a partire dal Messiniano (5.2 MA), piano in cui si è verificata l'essiccazione di tutti i bacini lacustri mediterranei. E' iniziata così la deposizione dell'estesa copertura sedimentaria di depositi fluviali e in seguito fluvioglaciali che ha portato alla creazione dell'attuale pianura.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

Nello specifico dell'area investigata, i sondaggi e le prove penetrometriche eseguite hanno confermato tale composizione, con netta prevalenza delle frazioni ghiaioso-sabbiose, con ciottoli in percentuale variabile. In **Tav. 2** viene riportata la suddivisione litologica del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia per un intorno significativo dell'area in esame.

La natura granulare di questi terreni determina pertanto un comportamento geotecnico prevalentemente di tipo frizionale (incoerente), con resistenza al taglio in condizioni drenate e cedimenti di tipo istantaneo con assenza delle componenti secondarie differite nel tempo.

Di seguito si riporta a titolo di esempio la stratigrafia del pozzo pubblico n.3 di Via Molise; risulta evidente la natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa dei sedimenti in questo settore del territorio comunale.

2.1. Geomorfologia

Dal punto vista geomorfologico non vi sono particolari rilevanze in quanto l'area comunale è interamente pianeggiante e per gran lunga urbanizzata. Nel territorio comunale le quote vanno da un massimo di 126 m s.l.m. a Nord ad un minimo di 115 m s.l.m a Sud, in prossimità dei comuni di Liscate e di Settala, con una pendenza media del 3-5 per mille. L'unica forma degna di nota, a parte gli attuali laghi di cava, è quella attribuibile a paleoalvi, ormai obliterati dalle attività agricole, che rappresentano l'antico sviluppo dell'idrografia superficiale prima che venisse artificialmente strutturata nell'attuale reticolo.

L'area in oggetto presenta una superficie tabulare senza variazioni evidenti di quota (vedi foto 1 e 2); in particolare risulta compresa tra una quota di 116.1 m s.l.m., settore nord, e di 115.0 m s.l.m., settore sud.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|



Foto 1 – panoramica area di intervento – settore Nord



Foto 2 – panoramica area di intervento – settore Est

L942

6

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

*GeoArborStudio
Via Manzoni, 16
20060 Basiano (MI)*

*Tel. 0295763037
Tel/Fax 0295761942
Partita IVA 04660950967*

*www.geoarbor.it
info@geoarbor.it*

3. Inquadramento idrogeologico ed idrografico dell'area di indagine

3.1. Assetto idrogeologico

Nel sottosuolo dell'area Milanese e del settore mediano della pianura Padana compresa tra l'Adda e il Ticino sono state individuate tre litozone sedi di importanti acquiferi. Le tre litozone hanno, dall'alto verso il basso, una granulometria decrescente e la loro denominazione è la seguente:

A - Litozona sabbioso ghiaiosa:

Molto importante per via dell'intenso sfruttamento essendo sede della falda superficiale, è in pratica l'acquifero tradizionale. Questa litozona corrisponde ai depositi del livello fondamentale della pianura, ai depositi terrazzati con "ferretto" ed al ceppo, ovvero a le unità caratterizzate da granulometrie elevate. La granulometria è in genere decrescente da nord verso sud, sia dall'alto verso il basso e sia longitudinalmente.

Gli spessori di questa litozona sono molto importanti al fine di valutare anche le potenzialità idriche della regione. A tal scopo si è raccolta una notevole documentazione relativa a sondaggi effettuati nel territorio di Pioltello e comuni limitrofi per cercare di ricostruire il livello base inferiore della litozona.

Il livello inferiore viene identificato da tutti con la comparsa dei primi orizzonti argillosi che isolano la falda superficiale dalle falde semi-artesiane sottostanti.

Il livello di base della litozona, rappresentato dalla comparsa delle argille, probabilmente non ha una continuità laterale definita con precisione, potrebbe avere delle interruzioni con dei passaggi eteropici a granulometrie maggiori, con limi e sabbie fini.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

B - Litozona sabbioso-argillosa:

Contiene degli importanti acquiferi separati dal primo da alcuni livelli argillosi. L'importanza è data dal fatto che nel corso degli ultimi anni per via dell'inquinamento della falda superficiale in alcune zone della pianura lombarda questo acquifero è stato ricercato e sfruttato nel corso delle nuove perforazioni. Si tratta di una litozona a granulometria fine con livelli sabbiosi alternati a orizzonti argillosi che spesso isolano piccole falde all'interno dell'acquifero. La potenzialità di questo acquifero è molto limitata per via della scarsa potenzialità laterale degli strati permeabili. Se ne raccomanda quindi un uso attento e riservato solo alle acque per uso potabile.

C - Litozona argillosa

Sede degli acquiferi profondi. La litozona è composta da sedimenti di origine marina molto fini con diffuse intercalazioni limose sede dell'acquifero. Le acque di questo acquifero sono generalmente sconsigliate all'uso potabile per via di presenza di liquidi salati o salmastri.

Le tre litozone testimoniano l'evoluzione della pianura Padana avvenuta nel corso della storia geologica.

La prima litozona rappresenta un'ambiente di trasporto e sedimentazione ad energie elevate, continentale di ambiente fluviale e fluvioglaciale.

La litozona sabbioso argillosa un'ambiente di transizione tra la prima e l'ultima litozona.

La terza un'ambiente marino di sedimentazione in acque calme.

Di seguito si riporta la sezione idrogeologica E-W che attraversa i territori comunali di Melzo e Vignate, ricostruita correlando le successioni stratigrafiche riscontrate in corrispondenza dei pozzi pubblici e privati della zona. In essa risulta ben evidente l'assetto idrogeologico sopra descritto.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

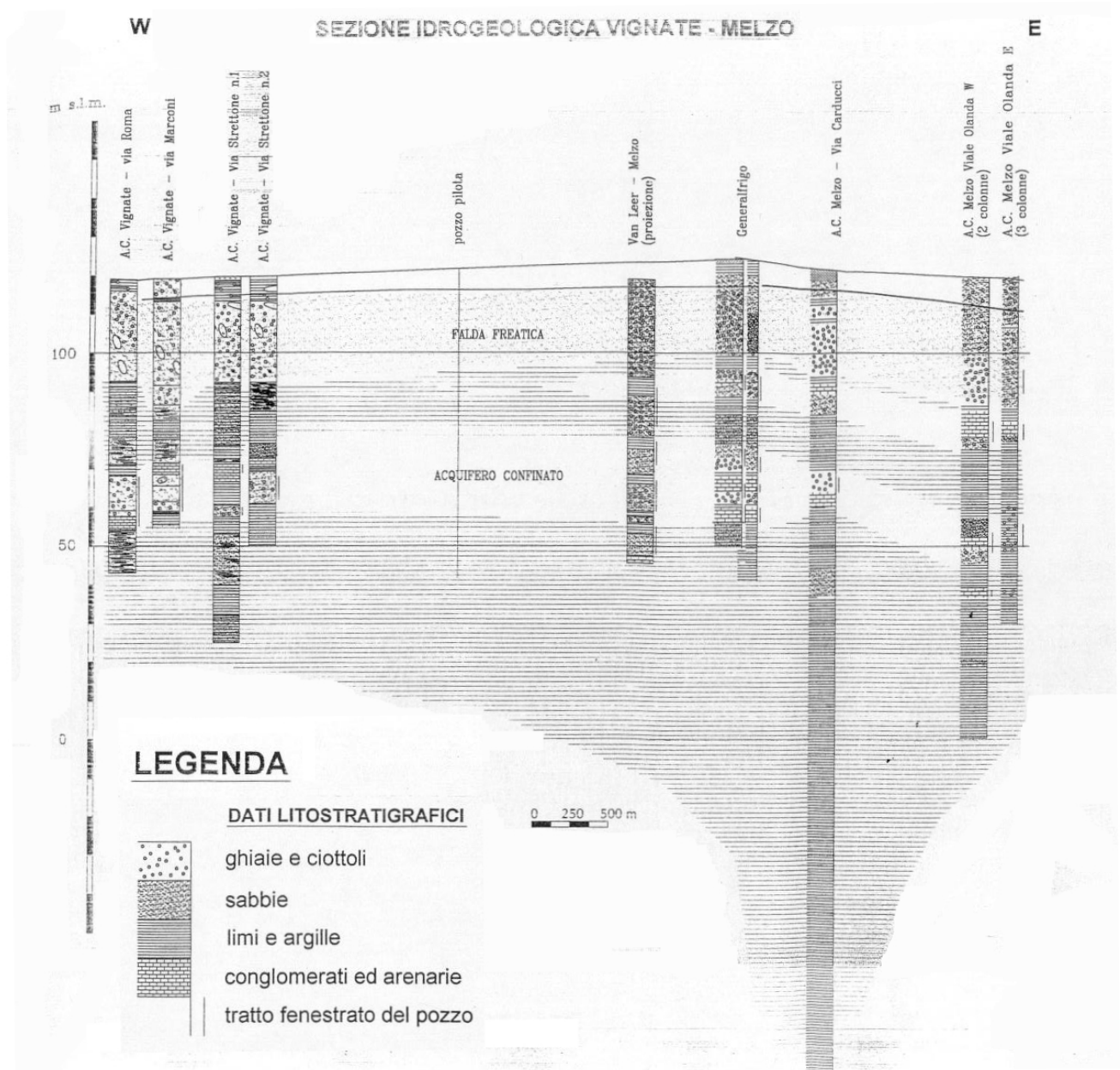


Fig. 1 – Sezione idrogeologica E-W del territorio compreso tra Vignate e Melzo

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <p>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</p> | <p>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</p> | <p>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</p> |
|--|---|--|

3.2. La falda freatica nel territorio comunale e nell'area di indagine

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale di Vignate è caratterizzato da una falda freatica con direzione di scorrimento verso sud. La falda presenta delle ottime possibilità di ricarica sia dalle acque piovane che si infiltrano nel terreno con facilità sia dalle acque irrigue (che provengono dal Naviglio della Martesana posto a nord del territorio comunale) che soprattutto nel periodo estivo, quando l'attività agricola richiede dei forti apporti idrici, permettono al livello della falda di innalzarsi decisamente con oscillazioni che raggiungono in alcune zone escursioni di diversi metri.

In ogni caso si può affermare che:

- i massimi positivi annuali cadono generalmente tra luglio e settembre, mentre gli abbassamenti più rilevanti riguardano i mesi di aprile e maggio, subordinatamente novembre e dicembre.
- alcuni valori degli abbassamenti coincidono con i periodi di asciutta del Naviglio della Martesana.
- l'andamento medio della superficie freatica è in leggero ma costante aumento.
- le isofreatiche (linee di uguale altezza della superficie freatica dal livello del mare) hanno un andamento N-S.
- Il gradiente delle falda è di circa 2,5-3 per mille

La situazione sopra descritta viene riportata nella Carta Idrogeologica di **Tav. 4**, in cui sono messe in evidenza le linee isopiezometriche (in m s.l.m.) della falda freatica riferite al periodo di minima soggiacenza e in particolare al mese di agosto 2005 – fonte SIF (Sistema Informativo Falda) della Provincia di Milano.

Nell'area di interesse il livello freatico oscilla tra profondità di circa 3.5/4.0 metri da p.c. (soggiacenza minima) e di circa 5.5/6.0 metri da p.c. (soggiacenza massima). Il livello di soggiacenza minimo viene raggiunto generalmente in corrispondenza del trimestre luglio-agosto-settembre. Durante l'esecuzione delle indagini (gennaio

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

2008) la falda è stata misurata in corrispondenza dei fori di sondaggio ad una profondità compresa tra circa 5.5 m e 6.0m.

3.3. Idrografia superficiale

Il territorio comunale di Vignate è caratterizzato dalla presenza di un fitto reticolo idrografico superficiale.

Le passate pratiche agricole hanno dato luogo alla formazione di una rete di canali e rogge artificiali derivanti da numerose prese irrigue del Naviglio Martesana posto a Nord.

La presenza di numerose risorgive di falda all'interno del territorio comunale ha dato luogo alla formazione di numerosi fontanili, il cui reticolo si affianca ed interagisce con quello costituito dalle rogge stesse.

L'area oggetto dell'intervento è in particolare interessata dai seguenti corsi d'acqua (confronta Tav.5):

- Roggia Pirola (foto 3 e 4) : confina a est con l'area in oggetto; presenta direzione di scorrimento verso sud e devia poi verso ovest mantenendosi parallela al Fontanile Masnadora;
- Fontanile Masnadora: scorre a sud dell'area in oggetto con direzione di scorrimento verso sud-ovest;
- Roggia Rogorone o Roggia Sant'Agata: in questa porzione del territorio si presenta alquanto ramificata con diverse derivazioni secondarie, alcune delle quali attraversano l'area in oggetto (foto 5 e 6). La loro valenza idraulica è strettamente legata all'attività irrigua dei terreni sui quali sono impostati. Il ramo principale presenta direzione di scorrimento verso sud e arriva a lambire il lato Est di Cascina Gudo.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|



Foto 3 – Roggia Pirola lungo il perimetro orientale dell'area in oggetto



Foto 4 – Roggia Pirola a sud dell'area in oggetto; tratto parallelo al Fontanile Masnadora

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <p>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</p> | <p>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</p> | <p>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</p> |
|--|---|--|



Foto 5 e 6 – canali irrigui all'interno dell'area in oggetto

L942

13

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

*GeoArborStudio
Via Manzoni, 16
20060 Basiano (MI)*

*Tel. 0295763037
Tel/Fax 0295761942
Partita IVA 04660950967*

*www.geoarbor.it
info@geoarbor.it*

4. Indagini eseguite

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- esecuzione di n. **10** prove penetrometriche dinamiche continue;
- esecuzione n. **2** sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di -15 m dal piano campagna;
- esecuzione di n. **3** prove di assorbimento di tipo Lefranc a carico variabile all'interno dei fori di sondaggio;
- esecuzione di n. **3** prove geofisiche con la metodologia MASW.

L'ubicazione delle indagini effettuate viene riportata in **Tav. 2** allegata.

4.1. Prove penetrometriche dinamiche continue

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico PAGANI tipo TG 63/100 KN che, secondo la normativa europea I.S.S.M.F.E. '88, è paragonabile ad un DPSH (Dynamic Probing Super Heavy). Le caratteristiche dello strumento utilizzato corrispondono alla nuova categoria di standard internazionale.

La prova consiste nell'infissione lungo la direzione del filo a piombo di una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, in seguito alla discesa di un maglio di peso pari a 73 Kg direttamente sulla testa di battuta da un'altezza di caduta di 75cm.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione di 30 cm delle aste nel terreno (N_{SPT}) in modo continuo, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.

Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

pratiche (funzione della litologia e del rendimento dello strumento), di cui si parlerà anche nel paragrafo 4.

Le caratteristiche tecniche principali vengono riassunte di seguito:

| | |
|-----------------------|--------|
| peso massa battente | 73 Kg |
| altezza di caduta | 0.75 m |
| lunghezza aste | 0.90 m |
| diametro aste | 34 mm |
| diametro punta conica | 51 mm |
| angolo del cono | 60° |

Le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite a partire dalla medesima quota, coincidente con il piano campagna esistente. Nella maggior parte delle prove è stata raggiunta la situazione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, corrispondente al superamento di 100 colpi/piede, in seguito al raggiungimento di un livello molto addensato o alla presenza di un grosso ciottolo. Le altre prove sono state arrestate comunque a profondità sufficienti per la comprensione delle problematiche inerenti il sistema terreno-fondazione.

Di seguito si riportano le profondità raggiunte e la presenza o meno delle condizioni di rifiuto in corrispondenza di ciascuna prova.

| Prova | Profondità in metri da p.c. | Rifiuto |
|--------------|------------------------------------|----------------|
| PPD1 | -9.0 m | No |
| PPD2 | -5.7 m | Si |
| PPD3 | -9.0 m | No |
| PPD4 | -5,4 m | Si |
| PPD5 | -9,0 m | No |
| PPD6 | -5.1 m | Si |
| PPD7 | -5.1 m | Si |

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

| | | |
|-------|---------|----|
| PPD8 | -9.9 m | Si |
| PPD9 | -10,2 m | Si |
| PPD10 | -5,4 m | Si |

Le tabelle e i diagrammi delle prove penetrometriche vengono riportati in allegato.

4.2. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti tramite impiego di una sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite con utilizzo di acqua e recupero integrale del terreno attraversato. E' stato utilizzato un carotiere semplice con diametro di 101 mm; per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 127 mm.

Il materiale prelevato è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici, successivamente conservate nella zona di cantiere.

Ciascun sondaggio è stato spinto sino alla profondità di 15m da p.c.

I sondaggi eseguiti hanno evidenziato la presenza, al di sotto del terreno coltivo superficiale (spessore variabile tra 1.5 m circa in S2 e 3.0 m in S1) di ghiaie e sabbie prevalenti con ciottoli e limo in subordine, a conferma delle considerazioni di carattere stratigrafico precedentemente espresse.

La descrizione dettagliata della stratigrafia dei sondaggi viene riportata nell'apposito modulo stratigrafico in appendice.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

4.3. Prove di assorbimento tipo Lefranc a carico variabile per la valutazione della permeabilità k dei terreni superficiali

Le prove Lefranc, nella versione modificata dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI), permettono di determinare la permeabilità di terreni al di sopra o al di sotto del livello di falda.

Per la prova sono state rispettate le seguenti prescrizioni:

- le pareti della perforazione sono state rivestite con una tubazione per tutto il tratto del sondaggio non interessato dalla prova;
- il tratto di prova, tasca, è stato riempito con materiale filtrante di granulometria adatta.

Le prove si dividono in prove a carico costante o a carico variabile. Nel nostro caso specifico la prova è stata eseguita a carico variabile.

Prova di abbassamento a carico variabile

La prova di abbassamento, in questo caso nel terreno al di sopra della falda, è stata eseguita riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (confronta schema di fig. 2).

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

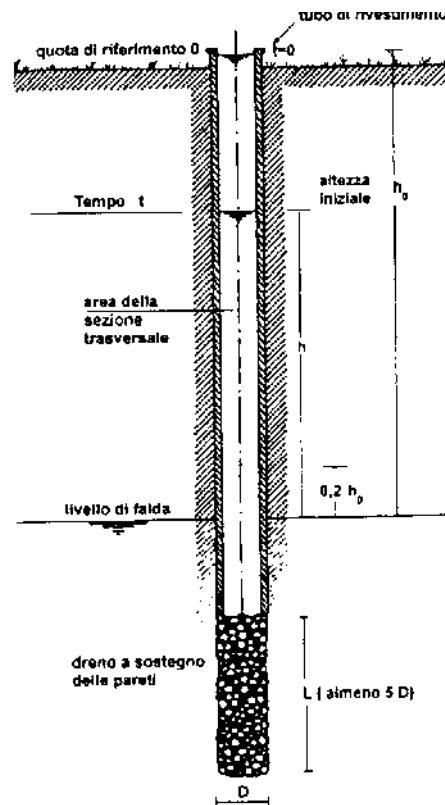


Fig. 2 – Schema operativo di una prova Lefranc a carico variabile

Per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Dove:

A = area di base del foro di sondaggio;

h_1 e h_2 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t_1 e t_2 ;

t_1 e t_2 = tempi ai quali si misurano h_1 e h_2 ;

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

CL = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente CL sono suggeriti i seguenti valori:

$$\begin{aligned} L \gg d & \quad CL = L \\ L \leq d & \quad CL = 2\pi d + L \end{aligned}$$

dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

Nella tabella seguente vengono riassunte le prove realizzate con le relative profondità.

| | Prova Lefranc | Profondità di prova |
|--------------|---------------|---------------------|
| Sondaggio S1 | S1-L1 | 3.0 – 3.5 m |
| | S1-L2 | 4.5 – 5.0 m |
| Sondaggio S2 | S2-L1 | 4.1 – 4.6 m |

I risultati delle prove vengono riportati e commentati nel capitolo 7.

4.4. Indagini geofisiche con la metodologia Masw

Per la valutazione della compatibilità dell'intervento in oggetto con il rischio sismico locale, sono stati eseguiti n.3 profili sismici con la metodologia MASW, con il quale si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) fino alla profondità di circa 30 m dall'attuale piano di campagna.

Il modello sismico monodimensionale (Vs-profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitespecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; Eurocodice 8; D.M. 14.01.2008).

Di seguito vengono riportati i risultati delle prove seguite

MASW1

| Modello 1 | | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Strato | Spessore [m] | Vs [m/s] | Profondità |
| 1 | 0.90 | 358.0 | 0.90 |
| 2 | 1.20 | 374.0 | 2.10 |
| 3 | 1.50 | 357.0 | 3.60 |
| 4 | 1.80 | 310.0 | 5.40 |
| 5 | 2.30 | 376.0 | 7.70 |
| 6 | 2.90 | 534.0 | 10.60 |
| 7 | 3.60 | 642.0 | 14.20 |
| 8 | 4.50 | 692.0 | 18.70 |
| 9 | 5.60 | 729.0 | 24.30 |
| 10 | 5.70 | 989.0 | 30.00 |

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

MASW2

| Modello 2 | | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Strato | Spessore [m] | Vs [m/s] | Profondità |
| 1 | 1.50 | 238.0 | 1.50 |
| 2 | 1.80 | 291.0 | 3.30 |
| 3 | 2.40 | 338.0 | 5.70 |
| 4 | 2.80 | 678.0 | 8.50 |
| 5 | 3.60 | 508.0 | 12.10 |
| 6 | 4.60 | 547.0 | 16.70 |
| 7 | 5.60 | 972.0 | 22.30 |
| 8 | 7.10 | 942.0 | 29.40 |
| 9 | 0.60 | 839.0 | 30.00 |

MASW3

| MASW 3 | | | |
|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Strato | Spessore [m] | Vs [m/s] | Profondità |
| 1 | 1.10 | 316.0 | 1.10 |
| 2 | 1.50 | 383.0 | 2.60 |
| 3 | 1.80 | 268.0 | 4.40 |
| 4 | 2.20 | 191.0 | 6.60 |
| 5 | 2.80 | 342.0 | 9.40 |
| 6 | 3.50 | 481.0 | 12.90 |
| 7 | 4.40 | 566.0 | 17.30 |
| 8 | 5.50 | 633.0 | 22.80 |
| 9 | 6.80 | 729.0 | 29.60 |
| 10 | 0.40 | 1194.0 | 30.00 |

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

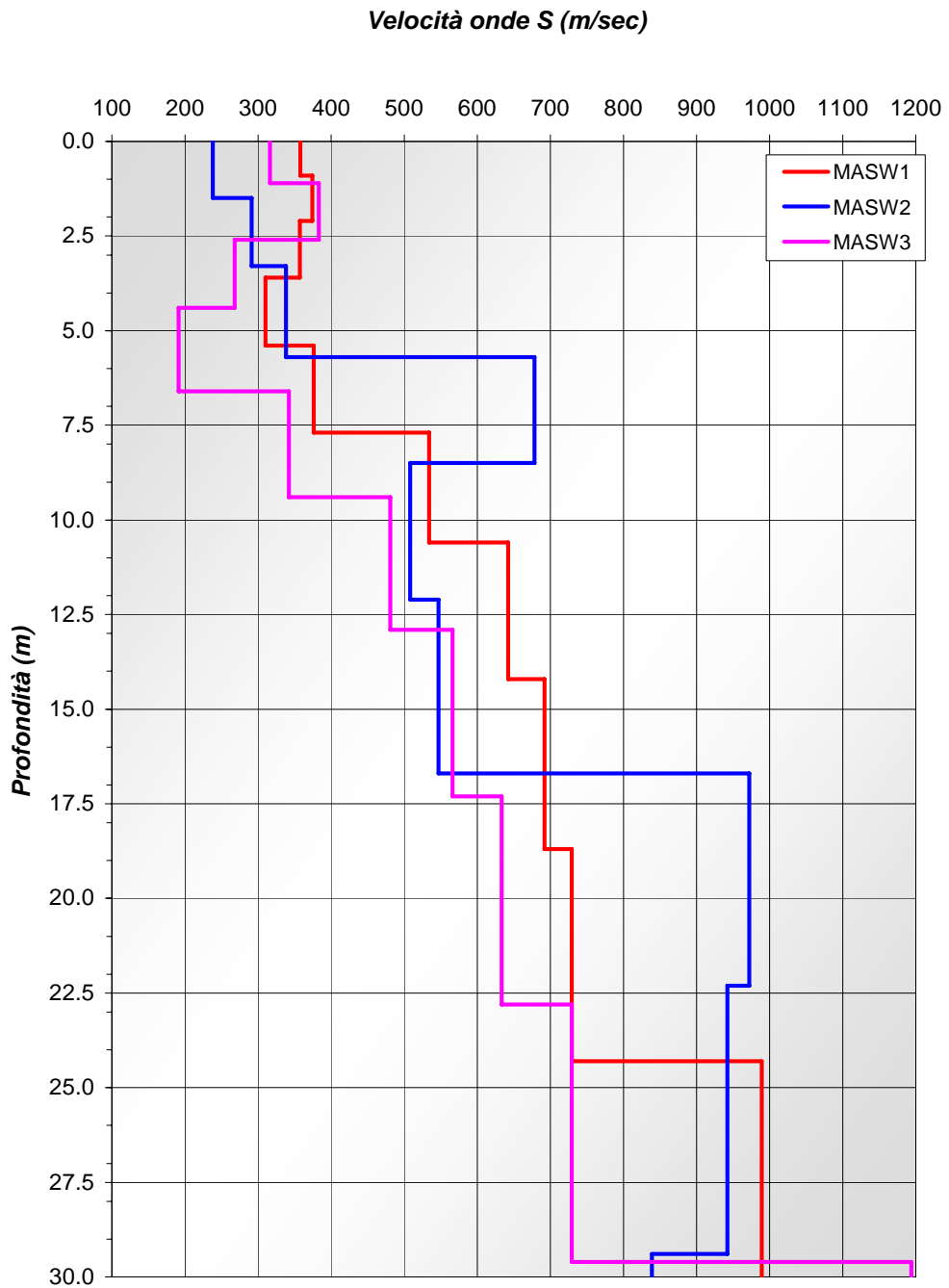


Fig. 3 – Andamento delle Vs con la profondità in corrispondenza di ciascuna prova

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <p>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</p> | <p>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</p> | <p>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</p> |
|--|---|--|

5. Modello geotecnico del sottosuolo

Per il modello geotecnico del sottosuolo utile per le elaborazioni analitiche contenute di seguito, i terreni investigati possono essere suddivisi in tre unità litotecniche principali sovrapposte, sulla base dei valori di resistenza penetrometrica e probabilmente delle caratteristiche litologiche prevalenti. Ciascuna unità risulta contraddistinta da caratteristiche omogenee dal punto di vista geologico-tecnico.

I parametri geotecnici vengono ricavati dalle correlazioni proposte in letteratura in funzione dei valori di N_{spt} , a loro volta ricavati dai valori della prova penetrometrica dinamica (N_{scpt}), tramite la seguente relazione: $N_{spt} = N_{scpt} \times 1.5$, considerata la presenza di terreno incoerente di natura prevalentemente sabbiosa e/o sabbioso/ghiaiosa (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quello in esame).

Di seguito si descrivono le diverse litozone e i vari parametri geotecnici associati.

Unità litotecnica 1

Costituisce la porzione di terreno più superficiale, in corrispondenza di valori di N_{scpt} oscillanti attorno a 2÷4 colpi/piede, indicativi di terreni allo stato poco addensato e/o poco consistenti con caratteristiche geologico-tecniche scadenti.

Presenta spessori variabili tra -2.1 m e -3.0 m. Litologicamente viene assunta a composizione sabbioso-limoso-argillosa. (terreno coltivato).

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione con le profondità rilevate in corrispondenza delle singole prove penetrometriche.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

| Parametro | Valore | Unità di misura |
|----------------------------------|----------|--------------------|
| N_{scpt} (colpi da prova Scpt) | 3 ÷ 4 | colpi/piede |
| N_{spt} (colpi da prova Spt) | 4 ÷ 6 | colpi/piede |
| γ (peso di volume) | 16 ÷ 17 | KN/m ³ |
| ϕ (angolo di attrito) | 26 ÷ 27 | ° |
| c (coesione) | 0 | Kg/cm ² |
| E (modulo di deformazione) | 90 ÷ 100 | Kg/cm ² |
| Dr (densità relativa) | 15 ÷ 20 | % |

| Prova | Profondità (in m da p.c.) | N_{scpt} medio della litozona |
|-------|------------------------------|---------------------------------|
| PPD1 | da p.c. a -2.1m | 4 colpi/piede |
| PPD2 | da p.c. a -2.1m | 4 colpi/piede |
| PPD3 | da p.c. a -2.1m | 2 colpi/piede |
| PPD4 | da p.c. a -2.7m | 3 colpi/piede |
| PPD5 | da p.c. a -3.0m | 4 colpi/piede |
| PPD6 | da p.c. a -3.0m | 4 colpi/piede |
| PPD7 | da p.c. a -3.0m | 3 colpi/piede |
| PPD8 | da p.c. a -2.1m | 2 colpi/piede |
| PPD9 | da p.c. a -2.1m | 3 colpi/piede |
| PPD10 | da p.c. a -2.1m | 3 colpi/piede |

Unità litotecnica 2

Viene individuata inferiormente alla precedente in corrispondenza di valori di N_{scpt} oscillanti attorno a 12÷14 colpi/piede, localmente con punte di 17-18, indicativi di terreni mediamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche. Tale unità si presenta poco continua con spessori variabili e generalmente contenuti. Solo in corrispondenza della prova PPD9 presenta uno spessore considerevole (circa 7.0m). Dove le prove non si sono arrestate per irripiuto meccanico all'avanzamento della punta, si riscontra anche a maggiori profondità al di sotto dell'unità litotecnica 3 (prove PPD1, PPD3, PPD5, PPD8).

Litologicamente si assume a composizione sabbioso-ghiaiosa.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione con le profondità rilevate in corrispondenza delle singole prove penetrometriche.

| Parametro | Valore | Unità di misura |
|---|-----------|--------------------|
| N _{dcpt} (colpi da prova Dcpt) | 12 ÷ 14 | colpi/piede |
| N _{spt} (colpi da prova Spt) | 18 ÷ 21 | colpi/piede |
| γ (peso di volume) | 18 ÷ 19 | KN/m ³ |
| φ (angolo di attrito) | 31 ÷ 32 | ° |
| c (coesione) | 0 | Kg/cm ² |
| E (modulo di deformazione) | 190 ÷ 220 | Kg/cm ² |
| Dr (densità relativa) | 40 ÷ 45 | % |

| Prova | Profondità (in m da p.c.) | N _{spt} medio della litozona |
|-------|-------------------------------|---------------------------------------|
| PPD1 | da - 2.1m a -3.3m | 14 colpi/piede |
| | da -7.8m a -9.0m (fine prova) | 14 colpi/piede |
| PPD2 | da -2.1m a -2.7m | 12 colpi/piede |
| PPD3 | da -2.1m a -3.3m | 12 colpi/piede |
| | da -7.8m a -9.0m (fine prova) | 13 colpi/piede |
| PPD4 | - | - |
| PPD5 | da -6.9m a -9.0m (fine prova) | 17 colpi/piede |
| PPD6 | - | - |
| PPD7 | - | - |
| PPD8 | da -2.1m a -3.0m | 18 colpi/piede |
| | da -5.1m a -9.3m (fine prova) | 11 colpi/piede |
| PPD9 | da -2.1m a -9.3m | 12 colpi/piede |
| PPD10 | da -2.1m a -2.7m | 13 colpi/piede |

Unità litotecnica 3

Viene individuata in corrispondenza di valori di N_{spt} mediamente superiori a 25 colpi/piede, indicativi di un consistente aumento della resistenza meccanica dei terreni che quindi presentano caratteristiche geologico tecniche da buone a molto buone. In questa unità viene riscontrato l'arresto (rifiuto) all'avanzamento della punta, in seguito al raggiungimento di un livello fortemente addensato o alla

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|-------------------------------------|

presenza di un grosso ciottolo. Litologicamente si assume a composizione ghiaioso-sabbiosa con ciottoli.

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione con le profondità rilevate in corrispondenza delle singole prove penetrometriche.

| Parametro | Valore | Unità di misura |
|----------------------------------|---------|--------------------|
| N_{scpt} (colpi da prova Scpt) | >25 | colpi/piede |
| N_{spt} (colpi da prova Spt) | >37 | colpi/piede |
| γ (peso di volume) | 19 ÷ 20 | KN/m ³ |
| ϕ (angolo di attrito) | >36 | ° |
| c (coesione) | 0 | Kg/cm ² |
| E (modulo di deformazione) | >40 | Kg/cm ² |
| Dr (densità relativa) | >65 | % |

| Prova | Profondità (in m da p.c.) | Nscpt medio della litozona |
|-------|--------------------------------|----------------------------|
| PPD1 | da -3.3m a -7.8m | >25 colpi/piede |
| PPD2 | da -2.7m a -5.7m (fine prova) | >25 colpi/piede |
| PPD3 | da -3.3m a -8.1m | >25 colpi/piede |
| PPD4 | da -2.7m a -5.4m (fine prova) | >25 colpi/piede |
| PPD5 | da -3.0m a -6.9m | >25 colpi/piede |
| PPD6 | da -3.0m a -5.1m (fine prova) | >25 colpi/piede |
| PPD7 | da -3.0m a -5.1m (fine prova) | >25 colpi/piede |
| PPD8 | da -3.0m a -5.1m | >25 colpi/piede |
| PPD9 | da -9.3m a -10.2m (fine prova) | >25 colpi/piede |
| PPD10 | da -2.7m a -5.4m (fine prova) | >25 colpi/piede |

Il comportamento del terreno nei confronti delle sollecitazioni indotte dai carichi fondazionali viene considerato di tipo prevalentemente frizionale, per la predominanza delle componenti grossolane su quelle fini coesive, con resistenza al taglio in condizioni drenate e assenza di significative componenti secondarie per consolidazione.

Nella tabella di pagina seguente si fornisce la visualizzazione delle diverse litozone con relativi spessori in corrispondenza delle prove.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|-------------------------------------|

| Profondità (m) | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 |
|----------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) | Colpi Punta (Nscpt) |
| 0,00 | -0,30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -0,30 | -0,60 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| -0,60 | -0,90 | 5 | 5 | 1 | 6 | 1 | 4 | 4 | 1 | 4 | 5 |
| -0,90 | -1,20 | 5 | 6 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 6 | 3 |
| -1,20 | -1,50 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| -1,50 | -1,80 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| -1,80 | -2,10 | 8 | 7 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 6 | 5 |
| -2,10 | -2,40 | 12 | 15 | 9 | 3 | 5 | 4 | 5 | 17 | 19 | 9 |
| -2,40 | -2,70 | 15 | 10 | 11 | 4 | 7 | 7 | 6 | 22 | 19 | 18 |
| -2,70 | -3,00 | 14 | 26 | 11 | 17 | 9 | 11 | 6 | 15 | 14 | 22 |
| -3,00 | -3,30 | 18 | 45 | 19 | 29 | 21 | 24 | 14 | 22 | 10 | 20 |
| -3,30 | -3,60 | 27 | 46 | 34 | 28 | 25 | 33 | 23 | 31 | 4 | 29 |
| -3,60 | -3,90 | 33 | 24 | 38 | 21 | 49 | 17 | 47 | 34 | 9 | 43 |
| -3,90 | -4,20 | 36 | 27 | 37 | 26 | 37 | 25 | 49 | 28 | 12 | 44 |
| -4,20 | -4,50 | 37 | 30 | 28 | 39 | 29 | 39 | 54 | 21 | 15 | 42 |
| -4,50 | -4,80 | 38 | 40 | 18 | 58 | 26 | 60 | 40 | 46 | 23 | 41 |
| -4,80 | -5,10 | 25 | 58 | 54 | 30 | 31 | 100 | 100 | 31 | 23 | 62 |
| -5,10 | -5,40 | 31 | 50 | 48 | 100 | 15 | | | 13 | 21 | 100 |
| -5,40 | -5,70 | 30 | 100 | 24 | | 12 | | | 7 | 19 | |
| -5,70 | -6,00 | 51 | | 17 | | 15 | | | 5 | 8 | |
| -6,00 | -6,30 | 35 | | 19 | | 32 | | | 13 | 9 | |
| -6,30 | -6,60 | 32 | | 27 | | 41 | | | 6 | 8 | |
| -6,60 | -6,90 | 35 | | 31 | | 34 | | | 10 | 8 | |
| -6,90 | -7,20 | 19 | | 28 | | 18 | | | 7 | 8 | |
| -7,20 | -7,50 | 26 | | 35 | | 12 | | | 12 | 5 | |
| -7,50 | -7,80 | 24 | | 39 | | 15 | | | 12 | 4 | |

L942

27

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|-------------------------------------|

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|----|--|----|--|----|--|--|-----|-----|--|
| -7,80 | -8,10 | 12 | | 19 | | 11 | | | 16 | 12 | |
| -8,10 | -8,40 | 12 | | 11 | | 12 | | | 22 | 7 | |
| -8,40 | -8,70 | 17 | | 14 | | 35 | | | 14 | 13 | |
| -8,70 | -9,00 | 15 | | 13 | | 17 | | | 6 | 6 | |
| -9,00 | -9,30 | | | | | | | | 11 | 15 | |
| -9,30 | -9,60 | | | | | | | | 40 | 32 | |
| -9,60 | -9,90 | | | | | | | | 100 | 25 | |
| -9,90 | -10,20 | | | | | | | | | 100 | |

| | |
|--|--|
| | Livello poco addensato (unità litotecnica 1) |
| | Livello mediamente addensato (unità litotecnica 2) |
| | Livello molto addensato (unità litotecnica 3) |

L942

28

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <p>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</p> | <p>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</p> | <p>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</p> |
|--|---|--|

5.1. Correlazioni utilizzate per il calcolo dei parametri geotecnici

I parametri geotecnici sono stati calcolati mediante le correlazioni proposte in letteratura, specificate di seguito.

Peso di volume

Il peso di volume è stato scelto nell'ambito dei normali intervalli di variazione proposti in bibliografia, in funzione della granulometria e del grado di consistenza del terreno stesso.

Densità relativa

La densità relativa è stata ricavata con la seguente relazione di **Gibbs & Holtz (1957)**, valida per terreni sabbiosi normal consolidati:

$$D_r = 21 [N_{spt} / (\sigma + 0.7)].$$

Angolo di attrito

L'angolo di attrito interno è stato ricavato dalla seguente correlazione proposta da **Meyerhof** che meglio si adatta alle connotazioni geotecniche in esame:

$$\phi = 23.7 + 0.57 N_{spt} - 0.006 (N_{spt})^2$$

Modulo di deformazione

E' stato calcolato attraverso le seguenti correlazioni di **Webb - D'Apollonia** che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:

Litozona 1: $E = 600 (N+6)$ [valida per sabbie ghiaiose con $N < 15$ colpi/piede]

Litozona 2 e 3: $E = 600 (N+6) + 2000$ [valida per sabbie ghiaiose con $N > 15$ colpi/piede]

Dove $N = N_{spt} * 70/55$ (fattore correttivo)

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

I valori sopra riportati sono stati mediati con $E = 1200 (N+6)$ [valido per sabbie ghiaiose in genere].

Coesione

Considerata la natura prevalentemente incoerente dei terreni e la mancanza di valori di laboratorio si è ipotizzata cautelativamente una coesione nulla.

6. Gli interventi in progetto

Vengono di seguito descritte in modo schematico le principali opere in progetto:

- realizzazione della massicciata mediante la posa in opera di frantumato di cava o di recupero da demolizione;
- realizzazione di cavidotti di collegamento per la rete elettrica e di telecomunicazione;
- realizzazione di canali di scarico delle acque;
- realizzazione della massicciata idonea alla realizzazione del prolungamento dei binari esistenti;
- realizzazione di circa 1600 m di binari;
- carro ponte;
- realizzazione di torri faro per l'illuminazione dei piazzali;
- Costruzione dell'impianto antincendio;
- Realizzazione di una nuova recinzione per la delimitazione delle nuove aree;
- Formazione della pavimentazione in asfalto.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

6.1. Indicazioni progettuali

Vengono di seguito fornite delle indicazioni progettuali.....

- Realizzazione della massicciata

Per potersi adeguare la pendenza esistente dei binari sarà necessario riportare del materiale dopo aver asportato il terreno a coltivo che in questa zona presenta spessori di circa 50 cm.

Dal momento che il piano del nuovo impianto dovrà raccordarsi con quello dell'impianto esistente posto a nord, e visto che l'area in oggetto presenta una pendenza verso sud, la nuova massicciata presenterà spessori variabili a seconda della quota della superficie topografica esistente. In particolare la massicciata presenterà, secondo le indicazioni progettuali, spessori via via crescenti verso sud, raggiungendo uno spessore massimo di circa 2.8-3.0 metri, per i dettagli topografici si rimanda alla relazione tecnica e alle tavole di progetto.

Il materiale utilizzato per il quale dovrà avere una delle seguenti caratteristiche a seconda della tipologia che verranno installate:

- a. Materiale misto granulare con dimensione massima non superiore a 10 cm, stabilizzato granulometricamente (elementi grossolani e una certa percentuale di fine) con l'apporto di legante naturale, costituito da aggregati fini e finissimi, che conferiscono alla miscela coesione, continuità granulometrica ed attriti intergranulare. Le terre impiegate sono classificate secondo la normativa CNR-UNI n. 10006 nei sottogruppi A 1-a, A 1-b, A 2-4, con distribuzione granulometrica non perfettamente continua.
- b. I materiali potranno anche derivare da demolizione di manufatti in calcestruzzo, pietrame e laterizio con granulometria finale secondo quanto previsto dalla normativa CNR-UNI.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

- c. Una terza ipotesi potrebbe essere attuata con delle terre addittivate con clace e cemento.

Le operazioni dovranno prevedere il costipamento del materiale steso con ripetuti passaggi di mezzi idonei; in questa fase è probabile (e auspicabile) che il materiale in compattazione affondi nel terreno sottostante.

Si dovrà pertanto aggiungere altro materiale e continuare a rullare fino a quando non si otterrà più alcun affondamento .

Al termine delle operazioni **sarà opportuno effettuare delle prove di carico su piastra allo scopo di accertare la qualità dei materiali posti in opera**, nonchè il grado di compattazione raggiunto dagli stessi durante la fase di costipamento. Le prove dovranno accertare che il terreno sia costipato tanto da fornire valori del Modulo di Deformazione superiori a 400 kg/cm^2 . Il numero e l'ubicazione delle stesse dovranno essere concordate con la D.L. in quanto sotto i binari e la zona del carroponete si dovranno effettuare opere di compattazione più consistenti in rapporto ai carichi in gioco.

- Torri faro: ipotesi fondazionali

Il modello geotecnico proposto mette in evidenza la presenza di un livello superficiale (unità litotecnica 1) al quale competono caratteristiche geotecniche scadenti fino a profondità variabili tra 2.0 e 3.0 m circa da p.c.

Si ritiene possibile il ricorso a fondazioni di tipo diretto (platea a base quadrata o blocco di fondazione) qualora queste siano impostate sull'unità sottostante contraddistinta da caratteristiche geotecniche decisamente migliori, previo asportazione del terreno scadente.

L'utilizzo di fondazioni di tipo diretto risulta fattibile soprattutto nel settore nord dell'area in oggetto dove gli spessori di riporto (massicciata) sono modesti e dove lo spessore della prima unità è contenuto in circa 2.0-2.5 m. Verso sud

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

invece, aumentando gli spessori della massicciata e localmente aumentando anche lo spessore dell'unità scadente superficiale, il ricorso a fondazioni di tipo diretto risulta più problematico dovendo considerare un piano di imposta delle fondazioni sempre più profondo rispetto al piano finito di progetto (in alcune zone anche -5.0 m da p.c.). In questi casi potrebbe essere più vantaggioso il ricorso a pali di fondazione, che dovranno essere adeguatamente immorsati nel terreno addensato o consistente (unità litotecnica 2 o unità litotecnica 3). Il dimensionamento dei pali dovrà essere curato da ingegnere geotecnico abilitato e/o dalla ditta eventualmente incaricata per la realizzazione dei pali stessi. Le tipologie di pali che possono essere realizzate sono di differenti tipi:

- pali battuti o vibroinfissi;
- micropali trivellati.

- Carro ponte

Il carro ponte si sposterà lungo delle guide poggianti su basamenti continui in calcestruzzo predisposti sui lati dei nuovi binari in progetto. Tali basamenti poggeranno a loro volta sulla nuova massicciata che, come precedentemente specificato, presenta spessori crescenti in direzione sud.

Le scelte geotecniche per tale opera verranno decise in sede esecutiva in base alle tipologie che verranno adottate per la massicciata.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

8. Valutazione degli effetti sismici di sito

L'O.P.C.M. 20/03/2003, n° 3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", riporta all'interno dell'Allegato I la classificazione sismica dei comuni italiani.

Le diverse zone sono state individuate secondo l'analisi dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Sono state pertanto individuate 4 zone sismiche il cui livello di pericolosità decresce progressivamente a partire dalla classe 1.

Ai sensi di tale documento, il comune di Vignate viene collocato all'interno della zona sismica 4.

La Regione Lombardia con la pubblicazione del 19-01-2006 della D.G.R. del 22/12/2005 n. 8/1566 ha formalizzato le nuove procedure per la valutazione dello scenario e del rischio sismico. La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. Di Ingegneria strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

La procedura prevede tre livelli di approfondimento della situazione reale esistente. I primi due sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Il 3° livello è obbligatorio nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significati, industrie con attività pericolose per

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti.

L'acquisizione dei dati ottenuti dalle prove geofisiche e dalle indagini geognostiche (prove penetrometriche) eseguite all'interno del territorio comunale ha permesso di valutare l'amplificazione sismica locale secondo la metodologia riportata nell'allegato 5 della D.G.R. 22/12/05 n.8/1566.

Nei comuni classificati come Zona sismica 4, come nel caso di Vignate, la normativa regionale prevede l'applicazione dei livelli successivi al 1° secondo lo schema seguente:

| | livelli di approfondimento e fasi di applicazione | | |
|----------------|---|---|--|
| | 1° livello fase pianificatoria | 2° livello fase pianificatoria | 3° livello fase progettuale |
| Zona sismica 4 | obbligatorio | Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) | - nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale proposto dalla Regione - nelle zone PSL Z1, Z2, e Z5 per edifici strategici e rilevanti |

Tabella 1: Livelli di approfondimento per aree ricadenti in zona sismica 4

Per il caso in esame è stata effettuata direttamente l'analisi più approfondita (analisi di 3° livello).

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

7.1 Analisi di terzo livello

Le evidenze acquisite nel tempo di fenomeni di amplificazione del moto di base atteso dovuto a condizioni geomorfologiche e geotecniche proprie del sito ha portato a stabilire delle metodologie per la valutazione degli effetti locali e a definire il tipo di indagini e di analisi indispensabili per raggiungere risultati ingegneristicamente utili per una riduzione del rischio sismico.

Numerosi studi hanno messo in evidenza che particolari caratteristiche geologiche e morfologiche di un sito possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni.

Le particolari condizioni geologico-geomorfologiche possono influenzare la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che devono essere presi in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area e nell'ottica di una riduzione del rischio.

La valutazione della risposta sismica locale (o effetti di sito) rappresenta l'analisi sismica di maggior dettaglio (analisi di terzo livello - D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005) in quanto consente di determinare l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione di base (bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

Per una valutazione quantitativa degli effetti di amplificazione propri dell'area in esame si è proceduto ad una modellazione numerica della risposta sismica locale utilizzando il codice di calcolo SHAKE91 (Schnabel et al. 1972; Idriss e Sun, 1992) che effettua una modellazione monodimensionale adottando un comportamento del

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

mezzo di tipo lineare equivalente (schematizzazione compatibile con i livelli di deformazione attesi per l'area in esame – zona sismica 4).

Per l'esecuzione dell'analisi numerica si sono effettuate le seguenti fasi di lavoro:

1. Definizione delle caratteristiche geologiche: si è ricostruita la successione stratigrafica propria dell'area utilizzando sia i dati provenienti dalla bibliografia (stratigrafie dei pozzi pubblici, carta geologica) che quelli provenienti dalle prove geognostiche appositamente realizzate nell'area in esame (sondaggi geognostici, prove penetrometriche);
2. Definizione dei parametri fisico-meccanici: i parametri necessari nell'analisi numerica sono, per ogni strato in cui è suddiviso il profilo sismo-stratigrafico, il peso di volume, la velocità delle onde S e l'andamento del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione; i valori delle Vs sono quelli ricavati dalle prove MASW effettuate mentre le curve G- γ e D- γ sono quelle mediamente rappresentative di ciascuna litologia di riferimento (Seed et al., 1986; Vucetic e Dobry, 1991) e fornite dalla Regione Lombardia;
3. Definizione del moto di input: le azioni sismiche di ingresso sono rappresentate da accelerogrammi forniti dalla Regione Lombardia e relativi a ciascun comune; tali accelerogrammi sono stati ottenuti simulando storie temporali in accelerazione il cui spettro fosse compatibile con lo spettro UHRS per un suolo di riferimento (suolo A) sulla base degli studi di pericolosità sismica nazionale e vengono fatti propagare a partire dal bedrock sismico (strato con Vs > 800 m/s) (vedi figura 1 e 2);

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

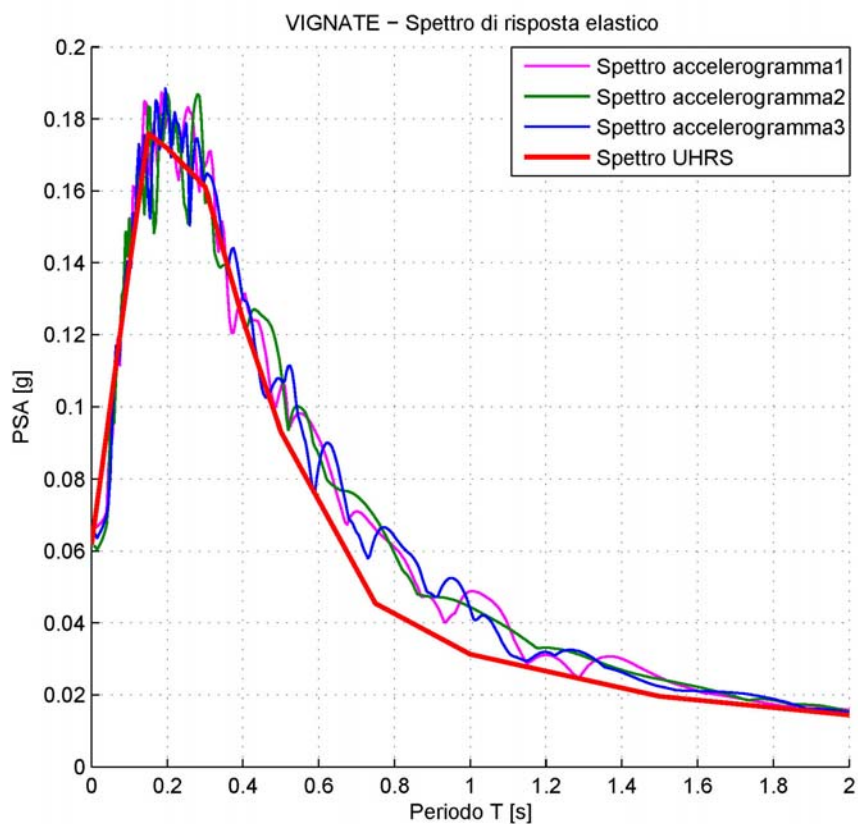


Figura 4: Spettro di risposta UHRS per il comune di Vignate rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (in rosso) e spettri di risposta degli accelerogrammi di input (Regione Lombardia).

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

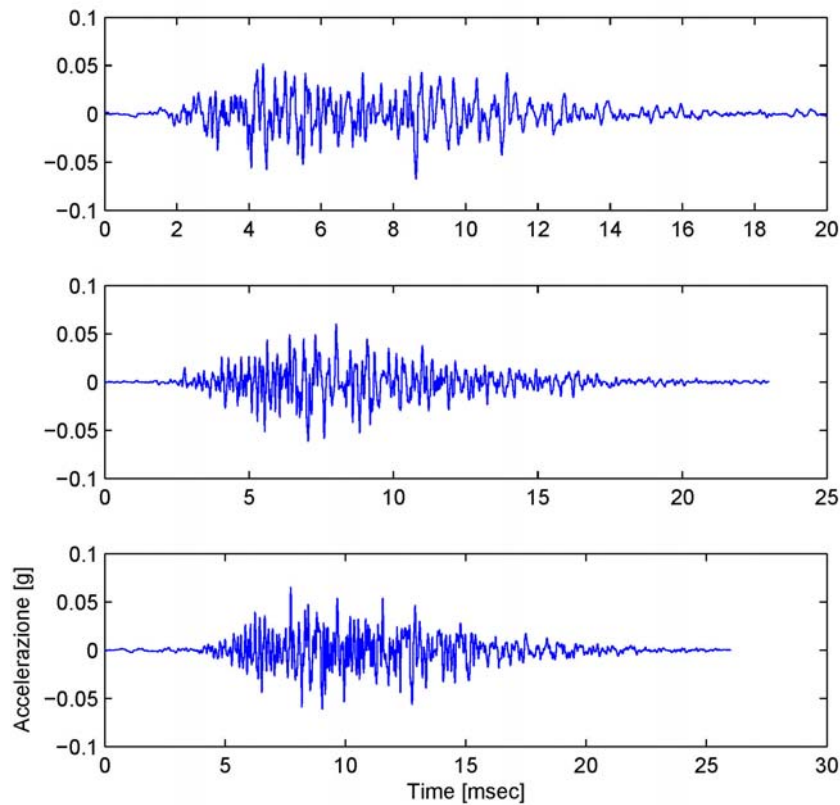


Figura 5: accelerogrammi di input (Regione Lombardia).

In figura 6, 7 e 8 si riportano i risultati delle simulazioni effettuate, in termini di spettro di risposta in accelerazione (PSA), per ogni modello monodimensionale ricostruito a partire da un profilo sismico MASW.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

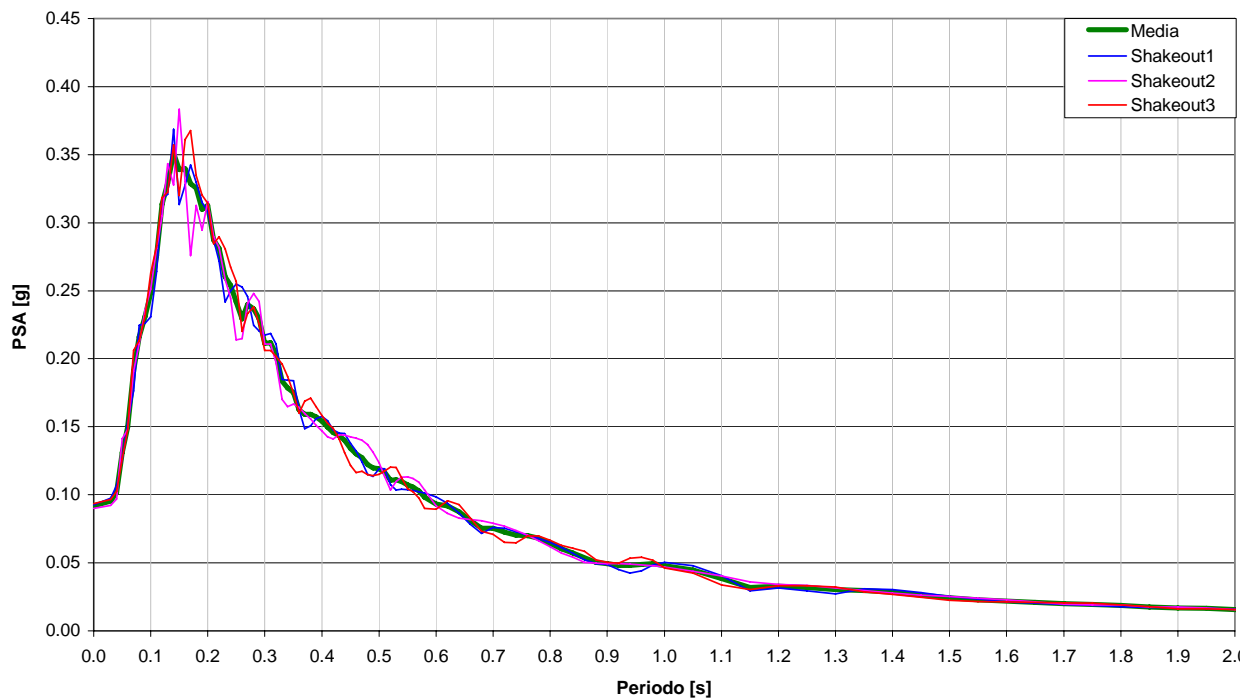


Figura 6: spettri di risposta ottenuti dalle simulazioni numeriche – modello MASW1.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

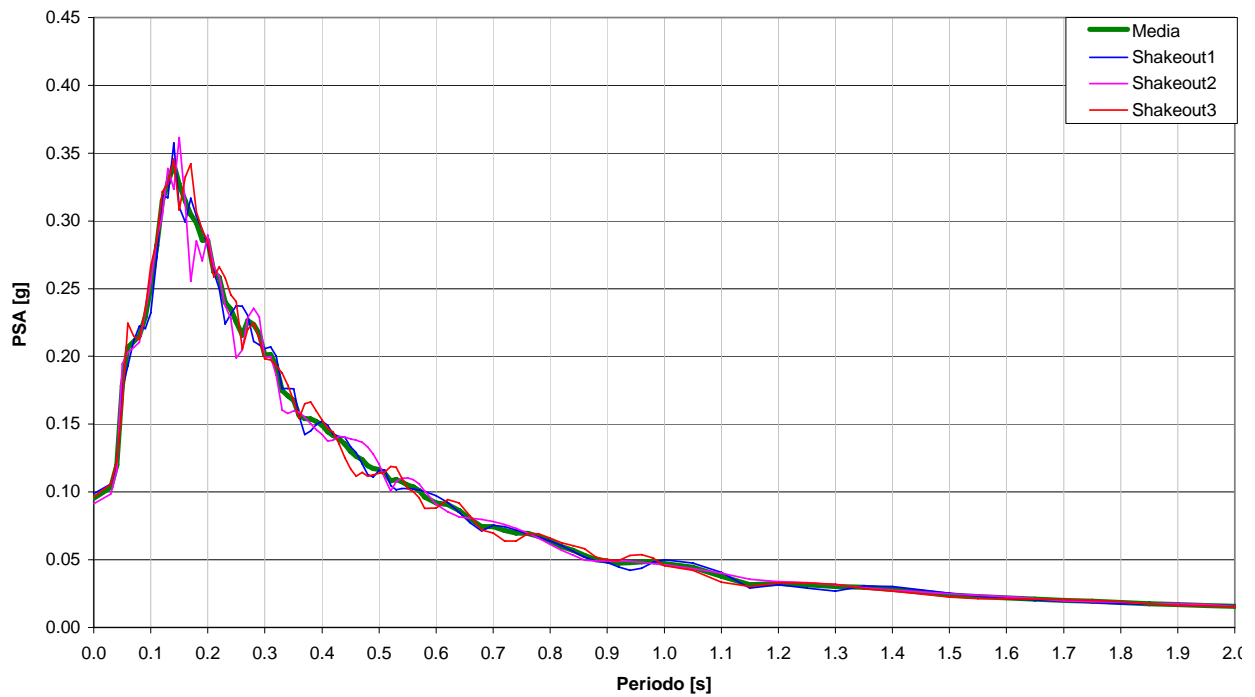


Figura 7: spettri di risposta ottenuti dalle simulazioni numeriche – modello MASW2.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

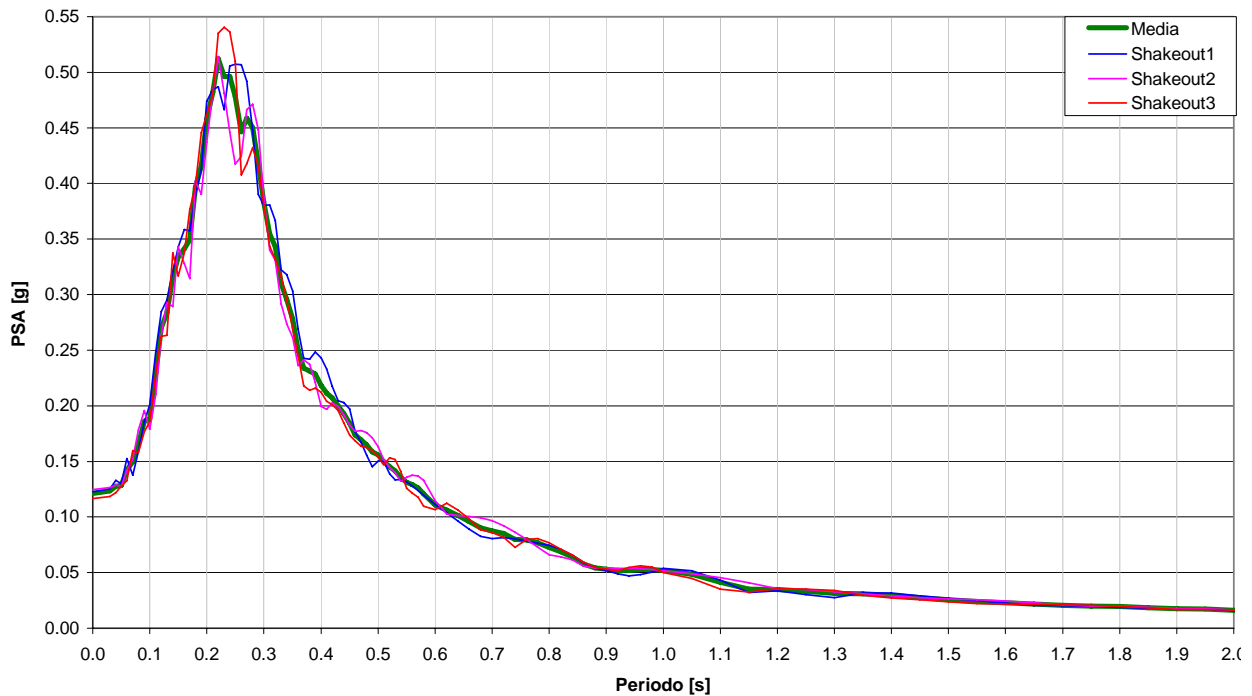


Figura 8: spettri di risposta ottenuti dalle simulazioni numeriche – modello MASW3.

Analisi dei risultati

Dall'osservazione delle figure sopra riportate risulta che:

- ✓ Tutti e tre gli spettri ottenuti dei modelli sismici ricostruiti presentano una forma abbastanza piccata con la presenza di un picco principale ben evidente;
- ✓ Gli spettri relativi al modello 1 e 2 sono molto simili sia nella forma che per quanto riguarda i valori di accelerazione, mentre lo spettro

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <p>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</p> | <p>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</p> | <p>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</p> |
|--|---|--|

ottenuto dal modello 3 presenta valori di accelerazioni superiori ed uno spostamento del picco principale verso periodi maggiori;

- ✓ Tutti e tre gli spettri presentano un picco principale che si colloca in prossimità del periodo proprio di ciascun modello (modello 1 $T_0=0.17$ s; modello 2 $T_0=0.14$ s; modello 3 $T_0=0.23$ s). Questo aspetto dovrà essere tenuto in considerazione nella progettazione delle strutture che dovranno avere un periodo diverso da quello del sito al fine di evitare effetti di doppia risonanza;
- ✓ A partire da circa 0.3 s si assiste ad una rapida diminuzione dei valori di accelerazione;

Gli spettri di risposta elastici forniti in figura 6, 7 e 8 consentono di caratterizzare in modo dettagliato l'andamento dell'accelerazione sismica legata alle particolari caratteristiche geologico-tecniche dell'area in esame, rispetto agli spettri forniti dalle normative antisismiche.

7.2 Definizione dell'azione sismica secondo la normativa

Nel presente capitolo vengono confrontati gli spettri di risposta previsti dalla normativa antisismica (D.M. 14.01.2008) con quelli ottenuti dallo studio di microzonazione sismica riportato nel capitolo precedente; tale confronto consente di verificare se la normativa è adeguata nel considerare gli effetti di amplificazione propri del sito.

La quantificazione della risposta sismica locale mediante l'utilizzo di categorie di suolo di fondazione nella valutazione dell'amplificazione stratigrafica, infatti, comporta una semplificazione del problema senza cogliere le specificità proprie

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

del sito nella modificazione del moto sismico atteso, rischiando di sottostimare (o sovrastimare) i livelli di accelerazione attesi.

Nel calcolo dell'azione sismica si è fatto riferimento a quanto contenuto nel D.M. 14.01.2008, in particolare ai capitoli 2 e 3.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- Vita nominale della struttura: VN= 50 anni;
- Classe d'uso = II;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica VR= 50 anni (CU=1.0);
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame così come definito nell'Allegato A e B):

| | PVR | TR | ag | FO | TC* |
|-----|-----|--------|--------|-------|--------|
| | | [anni] | [g/10] | | [s] |
| SLO | 81% | 60 | 0.227 | 2.535 | 0.1800 |
| SLD | 63% | 101 | 0.291 | 2.524 | 0.2038 |
| SLV | 10% | 949 | 0.651 | 2.603 | 0.2824 |
| SLC | 5% | 1950 | 0.823 | 2.615 | 0.2918 |

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

- Categoria di suolo di fondazione = B a cui corrispondono i seguenti valori:

| SS | CC | S | TB | TC | TD | FV |
|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | [s] | [s] | [s] | |
| 1.20 | 1.55 | 1.20 | 0.09 | 0.28 | 1.69 | 0.52 |
| 1.20 | 1.51 | 1.20 | 0.10 | 0.31 | 1.72 | 0.58 |
| 1.20 | 1.42 | 1.20 | 0.13 | 0.40 | 1.86 | 0.90 |
| 1.20 | 1.41 | 1.20 | 0.14 | 0.41 | 1.93 | 1.01 |

- Categoria topografica = T1 e coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$;

In figura 9 si confrontano gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa per gli stati limite ultimi (formule riportate nel paragrafo 3.2.3.2.1) e quelli medi ottenuti dalle simulazioni numeriche effettuate.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

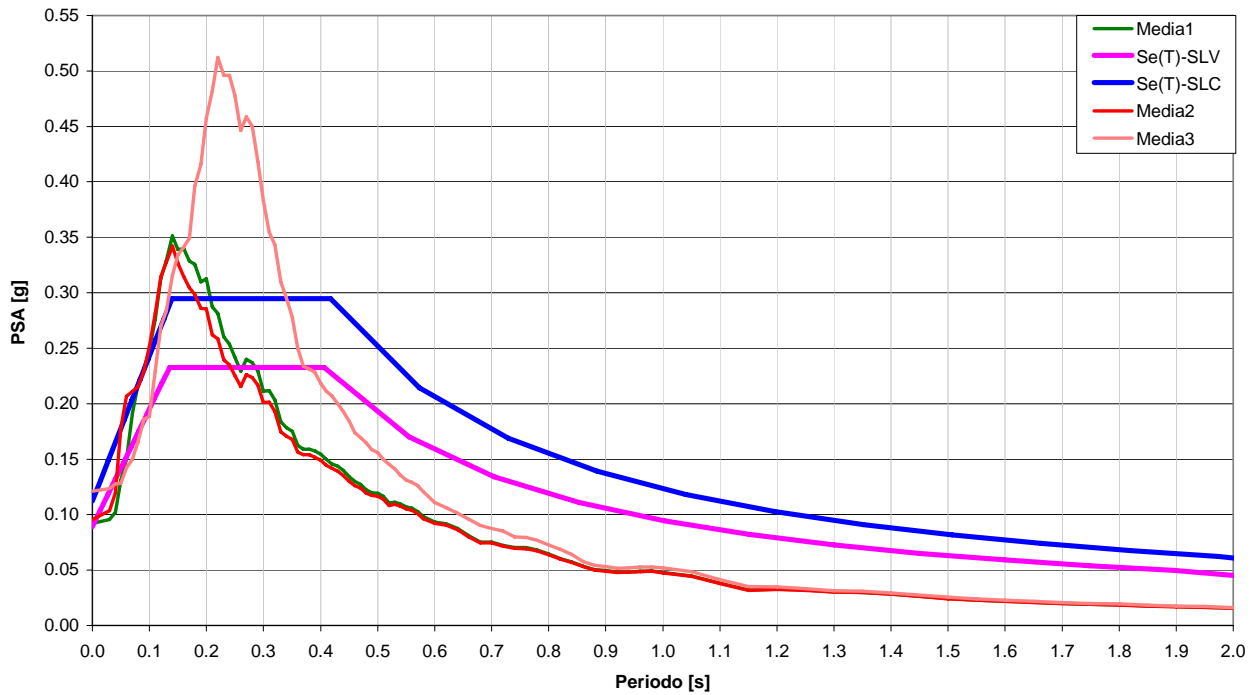


Figura 9: confronto tra gli spettri di risposta previsti dalla normativa antisismica ($Se(T)$ -SLV; $Se(T)$ -SLC) e gli spettri medi ottenuti dalle simulazione numeriche.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

9. Valutazione della permeabilità dei terreni

Nella tabella seguente vengono riportati i valori di permeabilità (k) ottenuti, unitamente alla descrizione litologica dei terreni interessati dalla prova dedotta dai sondaggi geognostici.

| Sondaggio | Prova | Profondità di prova (in m da p.c.) | Litologia terreni | K (m/sec) |
|-----------|--------------|---------------------------------------|------------------------------|--|
| S1 | S1-L1 | 3.0 – 3.5 m | Ghiaia e sabbia con ciottoli | $3,5 \times 10^{-6}$ |
| | S1-L2 | 4.5 – 5.0 m | Ghiaia e sabbia con ciottoli | $3,4 \times 10^{-4}$ |
| S2 | S2-L1 | 4.1 – 4.6 m | Ghiaia e sabbia con ciottoli | $4,1 \times 10^{-5}$ |

In particolare si nota che i valori di permeabilità aumentano con la profondità man mano che si passa da terreno coltivo ai depositi sabbioso-ghiaiosi sottostanti. (la permeabilità più alta si ha in corrispondenza della prova S1-L1 realizzata ad una profondità compresa tra 4.5m e 5.0 m). L'aumento della permeabilità con la profondità corrisponde ad un aumento della frazione ghiaiosa e con un aumento della percentuale di ciottoli.

In generale si può quindi affermare che i terreni in esame presentano una permeabilità medio-bassa per quanto concerne il primo strato superficiale, mentre presentano una permeabilità medio-buona per gli strati sottostanti (vedi fig. 10).

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|------------------|---|------------------|------------------|--------------------------|------------------|---|------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| k (cm/s) | 10 ² | 10 | 1 | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ |
| k (m/s) | 1 | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ | 10 ⁻¹⁰ | 10 ⁻¹¹ |
| Classi di permeabilità | EE | Elevata | Buona | Discreta | Bassa | BB | Impermeabile | | | | | |
| Tipi di terreno | Ghiaie pulite | | Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie | | Sabbie fini | Miscele di sabbie e limi | | Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi | | Argille omogenee e compatte | | |

Fig. 10 – Classificazione dei terreni in funzione della permeabilità

I dati prova (altezza livello in funzione del tempo) sono riportati in allegato.

10. Compatibilità geologica dell'intervento e analisi della vincolistica

Il Comune di Vignate è dotato dello studio geologico redatto ai sensi della L.R. n. 41 del 24/11/1997 e secondo le direttive della D.G.R. n.7/6645 del 29/10/2001, in cui vengono individuati i criteri e gli indirizzi relativi alla componente geologica a supporto della stesura dei Piani Regolatori.

La Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di piano individua per le aree in oggetto una classe di fattibilità 2 (Fattibilità con modeste limitazioni). In particolare l'area in oggetto ricade nella **Sottoclasse 2C** – Fattibilità con modeste limitazioni sia di carattere idrogeologico che di carattere geotecnico:

Aree caratterizzate da condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per il cui superamento si rendono necessari approfondimenti sia di carattere idrogeologico che geotecnico

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

Gli interventi dovranno pertanto attenersi alle norme tecniche di attuazione relative alla Classe di Fattibilità 2 contenute nello Studio Geologico Comunale, al quale si rimanda per qualsiasi dettaglio e/o chiarimento.

In tavola 6 allegata si riporta un estratto della Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di Piano per un intorno significativo dell'area oggetto dell'intervento.

Il comune di Vignate risulta altresì dotato di Studio del Reticolo Idrico Minore (Variante parziale al P.R.G. per il reticolo idrografico minore – approvazione avvenuta con pubblicazione al B.U.R.L. n.4 del 26-01-2005) nel quale sono definiti gli aspetti relativi alle competenze di polizia idraulica e ai vincoli imposti lungo i corsi d'acqua. Di seguito si riportano tratti salienti con riferimento alla specifica normativa (D.G.R. n°47310 del 22/12/99; D.G.R. 25 gennaio 2002 – n°7/7868; D.G.R. 12 aprile 2002 – n°7/8743; D.G.R. 1 agosto 2003 – n°7/13950; D.G.R. 11 Febbraio 2005 – n°7/20552):

Lungo i fontanili e le rogge, laddove specificato nella tavola dei vincoli la distanza minima dei fabbricati di nuova costruzione, misurata orizzontalmente dagli argini del corso di ogni fontanile o roggia deve essere pari a m. 10,00, mentre per le recinzioni il limite è posto a m. 4,00.

Nelle aree urbanizzate il limite di ogni tipo di edificazione è ridotto a m. 4,00.

Nelle aree comprese entro il limite di arretramento sono consentiti unicamente l'uso agricolo, le opere pubbliche atte a garantire la messa in sicurezza della viabilità ordinaria e quando dette aree sono comprese in una U.d.A., la destinazione a parco pubblico o verde privato inedificabile.

Su dette aree è fatto obbligo di conservare i filari alberati esistenti lungo gli argini.

La modifica del tracciati delle rogge irrigue è rilasciata dall'Amministrazione Comunale in funzione di comprovate e certificate necessità di accesso e di servizio ai fondi agricoli. I rispettivi limiti di arretramento per il rispetto delle distanze minime previste dal precedente capoverso si intendono automaticamente modificate.

In Tavola 6 allegata si riporta un estratto delle tavole dei vincoli (tavole 4.6 e 4.8) dello studio sopraccitato, dal quale si evincono le zone di rispetto assegnate a corsi d'acqua (10 metri dagli argini).

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

Risultano fasciati (fascia di rispetto di 10 m) i seguenti corsi d'acqua:

- a) Roggia Pirola: lungo il margine est dell'area in oggetto;
- b) Fontanile Masnadora: a sud dell'area in oggetto; non risulta tuttavia interferente con il perimetro dell'area in oggetto;
- c) Il tratto di canale irriguo che attraversa l'area in oggetto con direzione est-ovest e il tratto che lambisce Cascina Gudo. Entrambi i corsi d'acqua sono di gestione privata e la loro funzionalità idraulica è strettamente correlata all'attività irrigua.

Secondo le indicazioni progettuali quest'ultimi corsi d'acqua (lettera c), unitamente agli altri canali irrigui posti più a nord ma non fasciati, verranno chiusi, dal momento che perderanno ogni funzione idraulica venendo a mancare la loro finalità irrigua.

Verranno perciò a decadere anche le relative fasce di rispetto; questo nuovo scenario sarà oggetto di variante agli strumenti urbanistici comunali.

L'irrigazione dei terreni posti a sud dell'area di intervento potrà essere garantita dal canale indicato nella figura riportata di seguito, previo loro livellamento per garantire un normale deflusso delle acque di scorrimento.

Sarà cura della Sogemar ripristinare i livelli delle aree irrigue per consentire l'irrigazione per dispersione delle aree che non verranno coinvolte dall'intervento.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

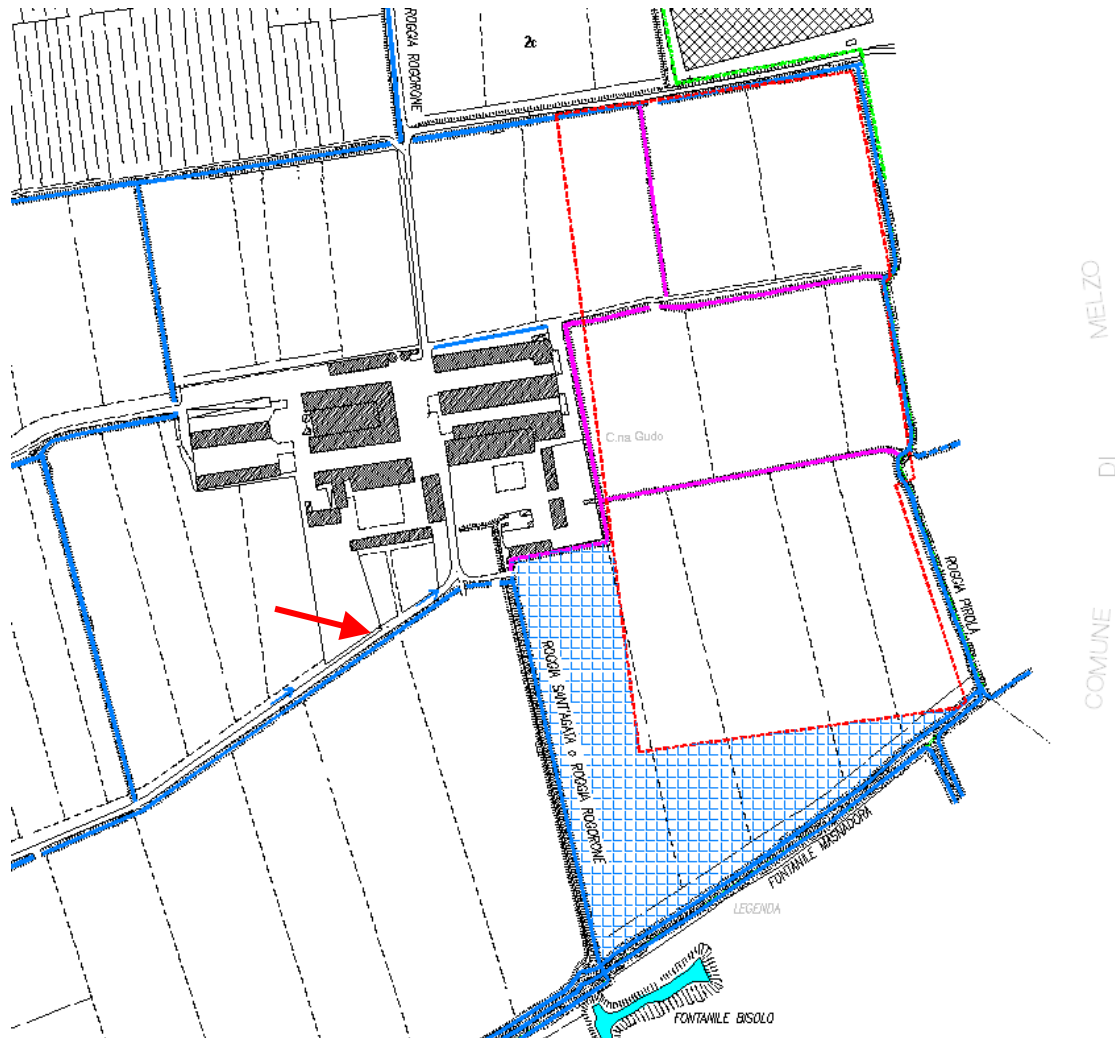


Fig. 11 – In azzurro sono indicati i terreni a sud dell'area che andranno livellati per permettere un normale deflusso delle acque di irrigazione. La freccia rossa indica il canale che alimenterà questa zona agricola. In viola sono invece evidenziati i canali che verranno chiusi in seguito al decadimento della loro funzionalità idraulica

Ai sensi della L.R. 11 marzo 2005 n.12 e della D.G.R. 22/12/05 n.8/1566 (Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57 della L.R. 11 marzo 2005, n.12) ed in base alle evidenze geologiche, idrogeologiche ed idrografiche emerse nel corso della presente relazione, è stata redatta una **Proposta di Carta di Fattibilità** per un intorno significativo dell'area in oggetto (tavola 8), che tiene conto dei nuovi scenari di progetto. In essa viene mantenuta una classe di fattibilità 2 (fattibilità con modeste limitazioni) valida per zone per le quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modificazione di destinazione d'uso dei terreni. Alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua di importanza principale viene invece assegnata una classe di fattibilità 4 (Fattibilità con gravi limitazioni): ai sensi della D.G.R. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950, lungo le aste fluviali, i canali e le rogge la distanza minima dei fabbricati di nuova costruzione, misurata orizzontalmente dagli argini del corso d'acqua, deve essere pari a m. 10.

Relazione geologica e geotecnica*Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico*

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

11. Considerazioni conclusive

A – Geologiche

Il territorio comunale di Vignate presenta una buona omogeneità dei terreni superficiali e non si riscontrano variazioni significative rispetto alla geologia dei primi metri del sottosuolo.

Si tratta di depositi alluvionali di origine glaciale costituiti da limi e sabbie con percentuali variabili di ghiaie.

B – Idrogeologiche ed idrografiche

L'escursione media della falda freatica su tutto il territorio comunale risulta essere nell'ordine di circa 2.00-3.00 m con valori di soggiacenza minima, minor profondità da piano campagna, che generalmente si registrano nei mesi estivi, in seguito agli apporti idrici derivanti dall'attività irrigua. Dall'interpolazione delle differenze puntuali fra quota del piano di campagna e quota piezometrica è stato possibile desumere la soggiacenza della falda (profondità della falda da p.c.) per le aree in oggetto. In particolare è emersa una soggiacenza variabile tra 4m e 5m per entrambe le aree. Si esclude pertanto, un'interferenza diretta tra la falda e le future opere.

Il reticolo idrografico verrà modificato in quanto alcune rogge adacquatrici irrigue verranno eliminate. Le rogge principali del reticolo minore non verranno invece modificate.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|

C – Caratteristiche geotecniche

Non sono stati rilevati particolari problemi e valgono le prescrizioni e le raccomandazioni del capitolo 6.

D – Analisi sismica

Sono stati effettuati i rilievi previsti dalla normativa con l'esecuzione di 3 stendimenti sismici la cui risultanza è espressa nel capitolo 7.

E – Vincolistica e compatibilità geologica

Il Comune di Vignate è dotato dello studio geologico redatto ai sensi della L.R. n. 41 del 24/11/1997 e secondo le direttive della D.G.R. n.7/6645 del 29/10/2001, in cui vengono individuati i criteri e gli indirizzi relativi alla componente geologica a supporto della stesura dei Piani Regolatori.

La Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di piano individua per le aree in oggetto una classe di fattibilità 2 (Fattibilità con modeste limitazioni). In particolare l'area in oggetto ricade nella **Sottoclasse 2C** – Fattibilità con modeste limitazioni sia di carattere idrogeologico che di carattere geotecnico:

Aree caratterizzate da condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per il cui superamento si rendono necessari approfondimenti sia di carattere idrogeologico che geotecnico

Gli interventi dovranno pertanto attenersi alle norme tecniche di attuazione relative alla Classe di Fattibilità 2 contenute nello Studio Geologico Comunale, al quale si rimanda per qualsiasi dettaglio e/o chiarimento.

In tavola 6 allegata si riporta un estratto della Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di Piano per un intorno significativo dell'area oggetto dell'intervento.

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|---|--|--|
| GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI) | Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967 | www.geoarbor.it info@geoarbor.it |
|---|--|--|

Non si riscontrano particolari problematiche di carattere geologico-geotecnico alla realizzazione dell'opera.

Basiano, 11/06/2008

Dott. Geol. Carlo Leoni

Relazione geologica e geotecnica

Ampliamento Scalo Ferroviario di Vignate – Procedura di Sportello Unico

| | | |
|--|---|--|
| <i>GeoArborStudio Via Manzoni, 16 20060 Basiano (MI)</i> | <i>Tel. 0295763037 Tel/Fax 0295761942 Partita IVA 04660950967</i> | <i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i> |
|--|---|--|