

CONTENUTI

PARTE I - INTRODUZIONE

1. INTRODUZIONE
 - 1.1. Premessa
 - 1.2. Obiettivi
 - 1.3. Attività e risultati prodotti
 - 1.4. La normativa

PARTE II – ANALISI DEL QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2. QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA
 - 2.1. Elementi geomorfologici e geologici
 - 2.2. Caratteri litologici
 - 2.2.1. *Distribuzione areale*
 - 2.2.2. *Distribuzione verticale*
 - 2.3. Struttura idrogeologica
 - 2.3.1. *Caratteristiche degli acquiferi*
 - 2.3.2. *Elementi idrografici e idrologici*
 - 2.3.3. *Stato qualitativo delle falde*
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA
 - 3.1. Dati pregressi
 - 3.2. Indagini geotecniche: prove penetrometriche
4. INDAGINI GEOFISICHE
 - 4.1. Premesse metodologiche
 - 4.2. Descrizione del metodo "RE.MI."
 - 4.3. Equipaggiamento e procedure
 - 4.4. Interpretazione
 - 4.4.1. *Analisi del segnale*
 - 4.4.2. *Picking*
 - 4.4.3. *Modellazione delle onde di taglio*
 - 4.4.4. *Modello diretto*

- 4.5. Calcolo delle “Vs30” (velocità delle onde di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo)

PARTE III – DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

5. RISPOSTA SISMICA LOCALE
- 5.1. Inquadramento metodologico
 - 5.2. 1° livello di approfondimento
 - 5.3. 2° livello di approfondimento: scenario Z4a

PARTE IV – LA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

6. LA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO
- 6.1. Premesse
 - 6.2. Norme generali
 - 6.3. Le classi di fattibilità
 - 6.4. Le zone
 - 6.5. Le norme geologiche di attuazione
7. CONCLUSIONI

APPENDICI

<i>N°</i>	<i>Titolo</i>	
1	Scheda di calcolo “Fa”	
2	Controlli ASL sullo stato qualitativo delle acque sotterranee (anni 2003, 2005, 2006, 2007)	

ALLEGATI

Tavole:

<i>N°</i>	<i>Titolo</i>	<i>Scala</i>
1a	Carta di sintesi	1:5.000
1b	Carta di sintesi	1:5.000
2a	Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano	1:5.000
2b	Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano	1:5.000

PARTE I - INTRODUZIONE

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

La presente Relazione Geologica:

- è stata redatta in relazione al vigente Studio Geologico sul territorio comunale di Rosate (MI), ai sensi della L.R. 24 novembre 1997, n. 41 “*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*” (oggi abrogata dalla L.R. 12/05);
- rappresenta uno studio geologico ai sensi della D.G.R. VIII/1566/05 “*Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”;
- provvede all’aggiornamento dello studio geologico precedente ai sensi della L.R. 41/97 e della D.G.R. VII/6645/01, relativamente a: analisi sismica, revisione carta di sintesi, revisione carta di fattibilità per inserimento scenario di pericolosità.

Sulla scorta dei dati geologici, geomorfologici e idrogeologici descritti è stato possibile definire le caratteristiche del territorio, illustrate nella seguente cartografia allegata a corredo della Relazione:

- Tavole 1a e 1b - **Carta di sintesi**, redatte alla scala 1:5.000 su tutto il territorio comunale, finalizzata al riconoscimento dello stato di fatto del territorio e delle limitazioni d’uso del suolo.
- Tavole 2a e 2b - **Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano**, redatte alla scala 1:5.000, con l’attribuzione del valore di classe di fattibilità all’intero territorio comunale e degli scenari di pericolosità sismica locale.

Nel seguito della Relazione si forniranno:

1. la definizione del quadro normativo in materia di relazioni tra interventi urbanistici ed aspetti geologici, idrogeologici e sismici;
2. un quadro geologico, idrogeologico e geotecnico del settore urbano nel quale ricade l’area in oggetto al Piano;
3. un’analisi della componente sismica finalizzata alla valutazione della pericolosità sismica locale;

4. le relative conclusioni, che forniscono valutazioni e prescrizioni inerenti agli interventi sull'area.

1.2. Obiettivi

Per ciò che concerne la relazione geologica, le attività svolte debbono giungere alla formulazione di un giudizio di sostenibilità geologica delle azioni di Piano e delle variazioni delle destinazioni d'uso che il Piano prevede.

Con riferimento alle diverse aree l'obiettivo è stato inoltre identificato nella necessità di fornire indicazioni concernenti le misure da adottare, nonché le indagini da effettuare successivamente, onde adeguare l'uso del territorio alle norme di prevenzione del dissesto potenziale, di mitigazione dei possibili impatti e di salvaguardia delle risorse.

Lo studio qualitativo e la classificazione finale dell'area di studio tengono conto di tutte le conoscenze attualmente disponibili in merito alle componenti geologiche e geomorfologiche, al fine di individuare le aree dove le attività di pianificazione urbanistica possano o meno risultare compatibili con le caratteristiche del territorio.

1.3. Attività e risultati prodotti

La metodologia proposta per la redazione della componente geologica dei P.G.T. si fonda sulle seguenti fasi di lavoro: fase di analisi (a sua volta suddivisa in fase di ricerca storica e bibliografica, compilazione della cartografia di inquadramento e fase di approfondimento/integrazione), fase di sintesi/valutazione e fase di proposta procedure.

Fase di analisi

La fase di analisi prevede:

- ricerca storica e bibliografica;
- realizzazione di una cartografia di inquadramento finalizzati alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico;
- identificazione degli elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici ricavate da carte ufficiali pubblicate e/o dalla letteratura scientifica;
- identificazione degli elementi strutturali;
- identificazione degli elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologia;
- identificazione degli elementi idrografici, idrologici e idraulici;
- identificazione degli elementi idrogeologici;
- identificazione delle opere di difesa ed altri elementi antropici.

Fase di Approfondimento/integrazione

La fase di approfondimento e integrazione, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, costituisce il valore aggiunto operato dal professionista e deve comprendere anche l'analisi della sismicità del territorio. La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003, 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 di valutazione prevede tre livelli di approfondimento:

- 1° Livello: consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

- 2° Livello: si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.
- 3° Livello: si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni, per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Il livello 3° si applica anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Fase di sintesi/valutazione

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

Fase di proposta

La fase di proposta è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione. Tale fase prevede modalità standardizzate (cfr. paragrafo Carta di fattibilità delle azioni di piano) di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico. Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del P.G.T..

1.4. La normativa

Premesso che sono intercorse recenti e rilevanti evoluzioni del quadro legislativo e normativo di riferimento, tanto nazionale, quanto regionale, in materia di pianificazione del territorio, di classificazione sismica dello stesso, di progettazione delle costruzioni, corrispondenti a:

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.03;
- D.M. 14 settembre 2005 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”;
- D.G.R. 8/1566 del 22.12.05 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione art. 57 L.R. 12/05*”, pubblicata il 19 gennaio 2006;
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”, pubblicata il 11 maggio 2006 su Gazzetta Ufficiale n° 108;

facendo seguito più in generale alle previsioni della L.R. 12/05 sopra citata che prevede modifiche sostanziali al quadro previgente, si ritiene di fare cosa utile proponendo un’analisi dello stato di fatto inerente in particolare alla nuova classificazione sismica del territorio (nell’ambito della quale il Comune di Rosate è per ora inserito in Zona 4), facendo riferimento anche a quanto già divulgato dai competenti servizi regionali.

Con l’Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105, 8 maggio 2003, Supplemento Ordinario n. 72, sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, nonché fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. L’entrata in vigore di tale Ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, data coincidente con l’entrata in vigore delle “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14 settembre 2005, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 222, 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159. A far tempo da tale data è in vigore la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni (D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 - Presa d’atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03). Da tale data entrano in vigore le “*Norme tecniche per le costruzioni*”, che prevedono comunque un periodo di 18 mesi, da leggersi verosimilmente come di “*regime transitorio*”, nel quale si può ritenere ancora applicabile la normativa previgente in materia, ossia le norme di attuazione della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e della legge n. 64 del 2 febbraio 1974, tra cui *D.M. 11 marzo 1988, D.M. 9 gennaio 1996, D.M. 16 gennaio 1996*.

Inoltre, in merito a:

- attuazione dell'art. 104 del D.P.R. 380/01, il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti con nota n. 15316/2005/5.p. in data 21 ottobre 2005 inviata al Presidente della Conferenza delle Regioni e alle Province autonome, ha disposto che *“le disposizioni di cui al citato art. 104 sono da applicarsi per le opere la cui esecuzione è successiva all'entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni, ovvero dal 24 ottobre 2005”*;
- valori del grado di sismicità da adottare nella progettazione in zona 4, nelle zone sismiche già classificate e di nuova classificazione, per il periodo transitorio inizialmente fissato a 18 mesi e successivamente prorogato al 31 dicembre 2007, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'Ordinanza n. 3274/2003, che le norme previgenti come sopra specificato;
- ulteriori indicazioni normative, risulta infine chiaro dalla lettura dei testi di legge sopra citati che tutto il territorio nazionale è oggi classificato come sismico e che in conseguenza di ciò anche i comuni in zona 4 debbono procedere, anche solo a livello di pianificazione, a quanto prescritto in merito dalla D.G.R. indicata in apertura, che specifica le necessità di approfondimenti di primo livello, nonché di secondo livello, in alcune aree a particolare pericolosità sismica locale, su infrastrutture e costruzioni strategiche e rilevanti, ferma restando la facoltà di ogni amministrazione di estendere l'approfondimento anche alle altre categorie di edifici.

In conclusione, per ciò che concerne il quadro relativo a ogni territorio comunale:

1. ogni Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) dovrà in ogni caso essere accompagnato da studio conforme ai criteri di cui alla D.G.R. 8/1566 pubblicata il 19.01.06;
2. per ciò che concerne le relazioni tra P.G.T. e Studio Geologico, la D.G.R. 8/1566 indicata in apertura specifica che:
 - tutti i Comuni sono comunque tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ai sensi della più recente DGR relativamente alla componente sismica (in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'OPCM 3274, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale) ed all'eventuale aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità,
 - ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05, nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art 57, comma 1, lettera a); considerato l'iter di approvazione previsto dall'art. 13 della stessa L.R. 12/05, al fine di consentire alle Province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio PTCP, il Documento di Piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso,

- le fasi di sintesi/valutazione e di proposta (rappresentate dalle Carte di Sintesi, dei Vincoli, di Fattibilità delle azioni di piano e dalle relative prescrizioni) costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole nel quale, ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d della L.R. 12/05, devono essere individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate,
 - allo scopo di migliorare la fruibilità della documentazione dello Studio Geologico, sarebbe possibile ed utile programmare la predisposizione di elaborati unitari, comprensivi sia degli elementi presenti nel precedente studio e già conformi ai nuovi criteri, sia di quelli aggiornati;
3. relativamente alla già citata O.P.C.M. 3519 pubblicata il 11 maggio u.s., con la quale è stata approvata una nuova classificazione di pericolosità del territorio nazionale, è necessario tenere conto della possibile parziale riclassificazione sismica da parte delle regioni, prevedibile in un arco di tempo di alcuni mesi, e della possibili conseguenze sulla pianificazione comunale.

Per ciò che concerne più specificatamente il quadro regionale, la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993.

Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 Maggio 1993, n. 6/37918 del 6 Agosto 1998 e n.7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito sino ad ora gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto della Strumentazione Urbanistica Generale dei comuni, secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997, n. 41.

A livello nazionale, inoltre, l'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, ha contribuito notevolmente a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata.

Infine l'entrata in vigore della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il governo del territorio", modifica profondamente l'approccio culturale ispiratore in materia urbanistica e il passaggio dalla pianificazione al governo del territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – PGT), impone una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici, e sismici del nuovo strumento urbanistico generale a scala comunale.

Scopi della direttiva regionale sono:

- fornire indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per l'analisi dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, per

l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità idrogeologica e per l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare vengono in questo atto forniti i nuovi criteri per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica;

- fornire indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche per i comuni che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione;
- rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunali con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI), definirne le modalità e le possibilità di aggiornamento.

PARTE II - ANALISI DEL QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2. QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA

2.1. Elementi geomorfologici e geologici

Il territorio comunale di Rosate coincide con la superficie della pianura fluvioglaciale e presenta una morfologia uniforme sub-pianeggiante con debole inclinazione lungo la direttrice NNO-SSE. La pendenza della superficie topografica è molto blanda, circa 12 m su di una distanza di 6 Km (2 per mille), con quote altimetriche comprese tra 112 m s.l.m. (in vicinanza del confine NO) e 100 m s.l.m. (al confine SE).

Per quanto attiene agli aspetti geologici, nell'area oggetto di studio si identifica una sola unità che caratterizza questo settore di pianura padana, il “livello fondamentale della pianura”, talvolta definito anche Piano Generale Terrazzato, che rappresenta l'unità principale della pianura, edificatasi per il continuo apporto detritico dei corsi d'acqua divaganti nella pianura stessa, al quale si è alternata l'azione erosiva da parte delle acque stesse; questo processo, attivo a tutt'oggi, ha dato luogo alle incisioni ed ai caratteristici terrazzi che si osservano in altri settori.

Il “livello fondamentale della pianura” è costituito, in questo settore della pianura lombarda, dalle alluvioni fluvioglaciali wurmiane. Le ultime fasi di aggradazione di questo “livello fondamentale della pianura” sono infatti attribuibili all'ultima fase glaciale quaternaria (Pleistocene superiore). A livello regionale, è possibile schematicamente distinguerne una parte più a monte, a sud della fascia dei rilievi collinari morenici, caratterizzata dalla prevalenza di sedimenti grossolani (ciottoli, ghiaie e sabbie) e conseguentemente da un drenaggio generalmente buono (Alta Pianura ghiaiosa); una parte più meridionale (Bassa Pianura sabbiosa), prossimale al fiume Po, costituita in grande prevalenza da sedimenti fini (sabbie, limi e argilla); una porzione intermedia in cui il contatto tra i due estremi litologici determina l'emergenza di risorgive (fontanili) o la presenza di falda freatica a debole profondità (Media Pianura idromorfa).

2.2. Caratteri litologici

La caratterizzazione litologica dell'area illustrata in questo paragrafo è stata desunta dalla conoscenza generale del territorio descritta dai vari Autori. In Letteratura, per il settore di pianura in cui si colloca il territorio comunale di Rosate, ci si riferisce alla formazione del Diluvium Recente Auct., rappresentata da **depositi fluvioglaciali recenti**, comprendenti:

- ghiaie e sabbie,
- limi argillosi.

I depositi del livello principale della Pianura, datati Pleistocene superiore, corrispondono a materiali sciolti di natura fluvioglaciale e fluviale, composti in prevalenza da sabbie, ghiaietto e limi sabbiosi e argillosi, in alternanze o in corpi lenticolari di varia estensione e spessore. Localmente vi si rinvencono banchi argillosi.

2.2.1. Distribuzione areale

Arealmente i terreni sopracitati sono distribuiti su tutta l'area in esame in modo omogeneo con lievi variazioni locali dovute alla presenza o meno dell'orizzonte superficiale limoso-argilloso. Questo primo livello superficiale é generalmente interessato dalle coltivazioni presenti diffusamente in quest'area.

2.2.2. Distribuzione verticale

Viene qui desunta, a partire dalle stratigrafie disponibili dei pozzi per acqua, la distribuzione verticale delle varie unità litologiche dell'area in oggetto, per una profondità di circa 100 metri dal piano campagna.

Entrando nel dettaglio della natura dei terreni presenti, l'andamento delle varie unità litologiche, a partire dal piano campagna, può essere così schematizzato:

- livello superficiale limoso-argilloso, con uno spessore variabile da 1 a 3 metri, genericamente noto con il nome di “ferretto”;
- limi e sabbie associate a locali livelli argillosi di spessore massimo pari a 2.50 m, fino a una quota di 40 m dal p.c.;
- argille e limi sabbiosi, da 40 m a 50 m di profondità;
- alternanze di sabbie e ghiaie sino ad una profondità media di circa 75 metri;
- orizzonte argilloso da 75 m a 90 m circa dal p.c.;
- ghiaia con sabbia fino a 100 m di profondità.

Infine, sempre testimoniati dalle stratigrafie dei pozzi per acqua, a diverse profondità (a partire da 45 m e fino a circa 90 m dal piano campagna) si rilevano all'interno dei banchi argillosi resti di natura vegetale (torbe). Tali orizzonti torbosi non occupano una posizione stratigrafica all'interno degli strati argillosi correlabile a tutta l'area poiché, come detto, interessano profondità diverse.

Ritornando ai terreni affioranti, risulta sempre presente, al di sotto del livello di alterazione o di suolo agricolo, uno strato superficiale di natura essenzialmente limoso argilloso-sabbiosa. Tale unità risulta simile per caratteristiche tessiturali e granulometriche ai terreni del cosiddetto Diluvium Recente ("Fluvioglaciale Wurm Auct.") precedentemente descritti.

Nel sottosuolo, a partire dalla profondità di circa 75 m dal piano campagna, si ha il passaggio dalla formazione Diluvium Recente ai terreni fluvioglaciali più antichi del Diluvium Medio (Fluvioglaciale Riss), databili Pleistocene medio. Tale unità risulta simile per caratteristiche tessiturali e granulometriche al Diluvium Recente, ma è caratterizzata da una maggiore componente limoso-argillosa.

2.3. Struttura idrogeologica

La possibilità di ricostruzione delle geometrie e delle litologie presenti nel sottosuolo si affida anche in questo caso alla disponibilità di stratigrafie dei pozzi per acqua della zona:

	POZZI COMUNALI	Anno Costruzione	Filtri	L.S. (m)	Prof.
1	P.zza Vittorio Veneto	1953	58.7-62.8	1.95	69
2	Via Matteotti	1979	55.5-64.7; 87.4-96.5		100
3	Via L. da Vinci	1980	55.9-81.6, 98.2-99.7		101.2

I litotipi prevalenti sono ghiaie e sabbie con una buona presenza di orizzonti argillosi che sembrano mostrare una certa continuità laterale a partire dai 40-45 metri di profondità. L'estensione laterale del primo strato argilloso, potente 10 metri, rinvenuto nel pozzo n° 2 di Rosate, si assottiglia verso est ed ovest. Nei primi metri sono invece prevalenti le sabbie fini e i limi.

La successione dei depositi che si incontrano appartengono a quella che in letteratura è nota come *litozona ghiaioso-sabbiosa*, espressione dell'insieme non sempre distinguibile della sedimentazione fluvio-glaciale-alluvionale delle diverse fasi glaciali quaternarie.

La litozona ghiaioso-sabbiosa comprende prevalentemente alternanze di ghiaie e sabbie, con la presenza subordinata di argilla. La presenza di alcuni livelli a litologia limoso-argillosa assume tuttavia una particolare rilevanza, in quanto l'estensione laterale e l'ubicazione al di sopra dei livelli utilizzati per approvvigionamento idrico conferisce ad essi una notevole importanza dal punto di vista della protezione delle risorse idriche sotterranee. Questi livelli, nell'area studiata, si incontrano prevalentemente intorno ai 45-55 metri di profondità con spessori variabili a seconda delle varie perforazioni.

In base ai dati stratigrafici dei pozzi è stato ricostruito l'andamento dalla base della prima litozona, che varia tra i 75 m della parte settentrionale del territorio comunale e gli 85 m della parte meridionale. Tali valori sono legati, oltre che all'ubicazione del pozzo, all'assetto del substrato sottostante, nonché dal criterio che si utilizza per individuare statisticamente tale limite. La litozona ghiaioso-sabbiosa tende ad approfondirsi da Nord a Sud con un gradiente dello 0.5%.

Al di sotto della litozona ghiaioso-sabbiosa si incontra quella che in Letteratura è definita *litozona sabbioso-argillosa*, espressione delle fasi di deposizione in ambiente palustre, lagunare, deltizio e litorale caratteristiche di un passaggio da

una sedimentazione argillosa marina a quella più grossolana continentale. Tale litozona, riferibile al Villafranchiano superiore, è costituita da potenti banchi di sedimenti fini scarsamente permeabili o impermeabili (limi e argille) intercalati da livelli sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi.

Le tratte filtranti dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile dal comune di Rosate sono ubicate tra i circa 55.5 e 100 metri di profondità ed interessano acquiferi di tipo confinato.

2.3.1. Caratteristiche degli acquiferi

I caratteri idraulici dei terreni nel sottosuolo determinano il ruolo che i diversi corpi sepolti giocano all'interno dei meccanismi di circolazione sotterranea, di alimentazione delle falde idriche in senso verticale ed orizzontale, di possibilità di contaminazione delle stesse da parte di prodotti derivanti dai diversi tipi di attività antropica.

Per valutare le caratteristiche idrauliche si fa generalmente riferimento ai parametri permeabilità, conducibilità idraulica, trasmissività e porosità. Questi parametri possono essere ricavati da misure dirette in sito, da misure dirette in laboratorio, od indirettamente da indagini di tipo geofisico, da prove effettuate nel corso di sondaggi geognostici, o da informazioni di tipo litologico. Nell'area studiata non sono mai state effettuate misure dirette in sito, quali prove di emungimento sui pozzi, venendo in tal modo a mancare un riferimento sicuro.

Alcune, ma diversificate, prove di altro tipo sono disponibili, ma proprio l'eccessiva differenziazione dei metodi di valutazione impedisce l'applicazione di metodi statistici di correlazione tra gli stessi. In tal modo, una prima indicazione sulle caratteristiche idrauliche del sottosuolo è stata ricavata elaborando in due modi i dati a disposizione di tipo litologico e quelli idraulici relativi alle prove di collaudo effettuate sui pozzi all'epoca della costruzione.

La distribuzione della portata specifica come riportata nello “Studio idrogeologico della pianura compresa tra Adda e Ticino” è abbastanza omogenea: i valori calcolati per i pozzi della zona ricadono nell'intervallo 10-30 l/s*m. Tali valori, che vanno considerati medio-bassi, possono rendere comunque conto della velocità del flusso sotterraneo e in tal modo essere considerati proporzionali sia alla potenzialità dell'acquifero, sia, in senso negativo, all'attitudine dell'acquifero a trasmettere contaminazioni. Tali valori, dato che le tratte filtranti sono posizionate all'interno della prima litozona, vanno considerati relativi all'acquifero principale.

2.3.2. Elementi idrografici ed idrologici

La rete idrografica superficiale è rappresentata da un fitto sistema di corsi d'acqua che attraversano, con decorso prevalente Nord-Sud, il territorio comunale di Rosate. Si evidenziano, in particolare, il Colatore Navigliaccio o Ticinello Occidentale e la roggia Gambarina, nonché altre piccole rogge minori come la Bergonza, la Gambarinetta e la Mischia, che delimitano con andamento Nord-Sud il nucleo edificato, più alcuni canali artificiali di modesta portata utilizzati prevalentemente per le pratiche irrigue stagionali.

Dai sopralluoghi effettuati, è stata individuata l'emergenza di una risorgiva (fontanile), censita anche dalla Provincia di Milano, lungo il confine comunale settentrionale nel suo settore centrale, in prossimità del toponimo riportato sulla carta C.T.R. come Cascina Paù. Un'altra testa di fontanile, inoltre, è stata localizzata sul confine con il Comune di Noviglio.

I fontanili, per le loro caratteristiche di rappresentatività e l'elevato valore ecologico ed ambientale, possono essere considerati un "bene geologico" (secondo le indicazioni riportate nella D.G.R. del 6 agosto 1998, n. 6/37918). Nel punto indicato il fontanile corrisponde ad una marcata incisione nella quale si sviluppa l'emergenza d'acqua.

2.3.3. Stato qualitativo delle falde

L'acquedotto di Rosate è alimentato dai tre pozzi già citati, con cui viene rifornito anche l'acquedotto di Calvignasco. L'acqua emunta dalle captazioni viene immessa in rete tal quale, ovvero senza essere sottoposta a trattamenti di alcun tipo, in quanto conforme agli standard di qualità fissati dell'Unione Europea (D.Lsg. 31/2001 in materia di acque destinate al consumo umano), altresì confermati dai controlli effettuati dagli enti preposti nel corso degli anni.

In **Appendice 2** alla presente Relazione Geologica, sono riportate le tabelle di analisi estratte dai rapporti del Dipartimento di Prevenzione dell'ASL Provincia di Milano 1, concernenti lo stato qualitativo delle acque sotterranee, riferite agli anni 2003, 2005, 2006 e 2007.

Il sistema di controllo adottato all'U.O.C. Igiene degli Alimenti e della Nutrizione ASL Provincia di Milano 1 è strutturato in modo da garantire l'individuazione di eventuali situazioni di rischio. La rete di monitoraggio è costituita da due categorie di punti di controllo, i *fondamentali* e gli *integrativi*; i primi sono quelli

collocati in corrispondenza dell'immissione nell'acquedotto dell'acqua emunta dopo il trattamento di potabilizzazione o miscelazione e quelli situati all'uscita di serbatoi e di torri piezometriche; i secondi sono quelli collocati a monte degli impianti di potabilizzazione e dei punti di miscelazione, quando l'acqua non è ancora trattata per essere direttamente immessa nella rete di distribuzione. Il piano di monitoraggio prevede cinque/sei controlli/anno ai punti *fondamentali* e due/tre a quelli *integrativi*.

Questo tipo di controllo viene effettuato in quanto le cause di non potabilità vanno quasi sempre ricercate all'origine, nella contaminazione della falda acquifera e/o nell'inefficienza degli impianti di trattamento.

Come si evince dai dati relativi ai controlli effettuati nell'anno 2007, che non osservano variazioni significative rispetto agli anni precedenti (v. tabelle in **Appendice 2**), nei campioni analizzati non è mai stata riscontrata la presenza di indicatori microbiologici di una possibile contaminazione, e la concentrazione dei parametri chimici è risultata sempre inferiore ai limiti di legge, spesso addirittura inferiore alla soglia analitica di tracciabilità.

Si conferma, quindi, che l'acqua erogata dall'acquedotto di Rosate è di buona qualità, e dal punto di vista sanitario, sicura.

Inoltre, dal rapporto ASL: “*L'acqua potabile nei comuni dell'ASL Provincia di Milano 1 - edizione 2006*”, si evidenzia come l'acqua erogata dall'acquedotto di Rosate non sia solo potabile, ma in certi casi presenti anche ottime caratteristiche qualitative, equivalenti se non superiori alle più rinomate acque in commercio.

3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA

Le indagini necessarie per la costruzione di edifici e opere sono normate dai due Decreti:

- *D.M.LL.PP. del 11.03.88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;*
- *D.M. del 14.09.05 “Norme tecniche per le costruzioni”.*

Pertanto, ai fini della pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva, le indicazioni che seguono non sostituiscono quanto previsto dai Decreti citati.

3.1. Dati pregressi

In relazione ai dati pregressi, si è proceduto ad una fase di raccolta ed analisi dei dati di carattere bibliografico e cartografico esistenti nell'area su cui insiste il territorio comunale di Rosate, utilizzati per la ricostruzione del quadro geologico ed idrogeologico riportato nel capitolo 2, nonché di quelli inerenti ad indagini in sito, corrispondenti a prove penetrometriche dinamiche continue, a punta conica (S.C.P.T.), spinte sino ad una profondità massima di 15 m dal piano campagna. Le suddette prove sono state ubicate all'interno della superficie comunale di Rosate, onde investigare in via preliminare la natura e le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti.

In fase di programmazione delle indagini descritte nel paragrafo successivo è stata pertanto considerata anche la vicinanza dei dati esistenti sopra citati.

3.2. Indagini geotecniche: prove penetrometriche

Al fine di investigare con l'opportuno dettaglio la natura e le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti, sono state effettuate in punti diversi del territorio comunale di Rosate, nel dicembre 2006, n. 9 prove penetrometriche dinamiche di tipo S.C.P.T., spinte sino ad una profondità massima di 15 m dal piano campagna.

L'attrezzatura utilizzata è un penetrometro dinamico "superpesante" tipo Emilia, con massa battente a sganciamento automatico, prodotto da Pagani (PC), avente le seguenti caratteristiche:

- diametro della punta: 50.8 mm
- diametro delle aste: 34 mm
- angolo di apertura: 60°
- peso del maglio: 73 kg
- altezza di caduta: 0.75 m
- diametro tubi rivestimento: 48 mm
- penetrazione standard: 30 cm (N30).

La prova consiste normalmente nell'infissione, mediante caduta del maglio sulle aste, di una batteria di aste con alla base una punta conica e nella contemporanea registrazione del numero di colpi necessario per avanzamenti successivi di 30 cm; lo stesso procedimento viene adottato per infiggere successivamente un rivestimento, che ha lo scopo di ridurre nella misura maggiore possibile l'effetto di attrito, o di "presa" laterale sulle aste. Tuttavia, nel caso in esame, considerate le limitate profondità di indagine, nonché il fatto che l'attrito laterale esercitato sulle aste non influenzava i valori di resistenza alla penetrazione, non è stata usata la tubazione di rivestimento.

L'analisi dei risultati delle prove penetrometriche svolte ha consentito di poter parametrizzare il sottosuolo in termini di proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali.

CPA GEOENGINEERING - Dott. Geol. Paolo CERUTTI

via Selvagreca, 14H – 26900 Lodi
tel: 0371 427203 (r.a.) – fax: 0371 50281
e-mail: paolo.cerutti@ecotercpa.it

<i>Prof. (m)</i>	<i>Prova 1</i>	<i>Prova 2</i>	<i>Prova 3</i>	<i>Prova 4</i>	<i>Prova 5</i>	<i>Prova 6</i>	<i>Prova 7</i>	<i>Prova 8</i>	<i>Prova 9</i>
<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
0.30	3	4	3	2	4	3	2	2	3
0.60	7	5	3	2	11	6	4	3	4
0.90	7	5	8	2	5	7	6	3	6
1.20	3	5	10	2	3	5	5	3	5
1.50	1	3	4	3	3	4	5	3	3
1.80	3	3	3	1	3	3	5	4	3
2.10	4	1	3	1	3	3	5	4	2
2.40	3	1	3	1	7	4	4	4	2
2.70	4	1	4	1	9	5	3	5	3
3.00	3	2	3	4	8	6	3	5	3
3.30	4	2	3	1	6	5	4	5	3
3.60	2	1	1	4	2	4	5	4	2
3.90	3	6	2	2	3	4	5	5	3
4.20	3	8	1	1	3	4	6	4	3
4.50	3	4	1	3	2	3	6	5	3
4.80	2	3	3	6	3	4	6	6	4
5.10	5	4	4	8	2	6	7	6	5
5.40	5	6	5	9	4	6	7	6	6
5.70	4	7	6	6	5	6	8	7	6
6.00	6	8	7	4	6	7	9	8	6
6.30	5	8	9	6	7	9	9	8	7
6.60	7	10	9	7	7	8	9	8	8
6.90	6	12	7	7	6	10	8	9	8
7.20	9	12	7	5	7	12	10	9	8
7.50	10	9	8	7	8	10	10	10	9
7.80	8	11	4	9	7	10	10	10	8
8.10	8	10	6	10	10	9	9	9	9
8.40	7	8	8	11	10	10	9	9	9
8.70	3	8	9	9	12	9	10	8	7
9.00	7	8	9	10	11	9	10	11	9
9.30	11	8	7	10	10	11	11	10	9
9.60	12	10	6	10	11	12	11	12	10
9.90	14	8	6	13	12	12	11	10	10
10.20	12	9	10	15	14	14	11	11	12
10.50	12	11	12	13	14	13	13	12	12
10.80	14	12	15	15	12	15	13	12	14
11.10	14	11	15	14	14	14	14	13	14
11.40	10	11	17	15	17	15	13	14	13
11.70	10	11	13	15	17	15	15	15	12
12.00	14	16	18	15	15	16	14	14	16
12.30	13	16	22	16	16	18	14	14	17
12.60	18	16	27	17	16	20	17	16	20
12.90	14	19	14	19	20	18	17	17	17
13.20	12	14	30	22	24	21	20	18	20
13.50	14	16	24	22	25	22	19	20	19
13.80	15	17	25	22	23	22	22	20	20
14.10	15	15	26	24	23	24	21	21	20
14.40	16	16	24	19	24	23	23	22	19
14.70	14	14	25	22	26	23	20	22	19
15.00	15	17	25	23	25	24	23	22	20

Tabella di sintesi delle prove penetrometriche S.C.P.T. eseguite.

Dalle risultanze di tutte le prove penetrometriche dinamiche eseguite, si osserva che nell'area indagata il terreno, al di sotto di riporti o ricoprimenti superficiali, presenta variazioni verticali, in termini di caratteristiche geologico - tecniche, piuttosto significative.

L'esame congiunto della stratigrafia dei pozzi comunali e delle caratteristiche litologico-tecniche desunte dalle prove penetrometriche effettuate ha permesso quindi di identificare il seguente modello geologico-geotecnico del sottosuolo:

1° livello, superficiale:

si estende dal p.c. fino a una profondità di circa 4 m dal p.c. ed è rappresentato da terreni prevalentemente limoso-argillosi con basso grado di addensamento e compattezza; rappresenta lo strato a basse caratteristiche geomeccaniche in cui la media dei valori rilevati nel corso delle prove dinamiche si attesta sui 3 colpi/piede circa;

2° livello, intermedio:

si sviluppa dal letto stratigrafico dello strato di superficie fino a mediamente 9,5 m dal p.c.; è rappresentato in prevalenza da limi e sabbie con grado di addensamento medio; la media dei valori rilevati nel corso delle prove dinamiche si attesta sui 7-8 colpi/piede circa;

3° livello, profondo:

si sviluppa a partire dal letto stratigrafico dello strato precedente (livello intermedio) fino a 15 m dal p.c.; è rappresentato prevalentemente da limi e sabbie con grado di addensamento elevato; la media dei valori rilevati nel corso delle prove dinamiche si attesta sui 17 colpi/piede circa.

Confrontando le indagini eseguite in aree litologicamente assimilabili a quella in oggetto e utilizzando i valori di N_{30} in combinazione con i diagrammi e le relazioni proposte dai vari Autori, è stato possibile ricavare alcune proprietà specifiche dei terreni testati come i valori di angolo di attrito interno o coesione. Le proprietà geotecniche dei principali litotipi presenti nel sottosuolo di Rosate possono pertanto essere così riassunte:

Limo argilloso :

peso di volume	$\gamma=1.8$ gr/cm ³
Angolo di attrito	$\phi=23^\circ$ sess.
Coesione	15 kPa

Sabbia debolmente limosa:

Peso di volume	$\gamma=1.85$ gr/cm ³
----------------	----------------------------------

Angolo di attrito $\phi=32^\circ$ sess.
Coesione 0

Ghiaia sabbiosa:

Peso di volume $\gamma=2.0$ gr/cm³
Angolo di attrito $\phi=38^\circ$ sess.
Coesione 0

4. INDAGINI GEOFISICHE

Nell'ambito dell'attuazione del 2° livello di approfondimento degli studi geologici in prospettiva sismica, nella giornata del 4 aprile 2007, si sono effettuate n. 2 prove geofisiche non invasive per la caratterizzazione sismica del sottosuolo comunale e la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio (onde S), mediante analisi sperimentale dei microtremori con array lineare (metodo ad antenna singola con tecnica passiva).

Nei paragrafi successivi viene presentata la procedura utilizzata per l'analisi esplorativa del territorio e la valutazione del profilo di Vs nell'ambito dei primi trenta metri di sottosuolo.

Tale analisi, realizzata con tecnica tipo "ReMi" a partire dall'acquisizione delle onde superficiali presenti nel rumore sismico ambientale, ha permesso di ricostruire un modello geofisico rappresentativo dell'intero territorio comunale.

4.1. Premesse metodologiche

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso di microtremori (Refraction Microtremor, in letteratura e nel seguito indicata sinteticamente anche come ReMi) prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University e fornisce una caratterizzazione semplificata di volumi relativamente ampi del sottosuolo in profili verticali 1D sino alla profondità di 100 metri.

La metodologia ReMi può caratterizzare un orizzonte meno veloce che è sottostante ad uno più veloce (velocity reversal) che rappresenta una condizione non distinguibile con il metodo tradizionale della sismica a rifrazione.

In situazioni dove un terreno più “competente” è sovrapposto a una zona più debole legata a subsidenza o al collasso di materiali più deboli sottostanti o a spazi vuoti, il metodo ReMi ha la capacità di individuare la velocità delle onde S dell'orizzonte debole sottostante. È inoltre efficace come metodo nella caratterizzazione rapida e generale del sottosuolo, specialmente se abbinata alla sismica a rifrazione, con lo scopo di definire il contatto roccia / terreno o il contrasto tra materiali più deboli / più compatti.

I dati di campagna (analisi dei microtremori) possono essere acquisiti con un equipaggiamento standard di sismica a rifrazione, usando geofoni ad alta frequenza per stendimenti corti, con profondità di investigazione limitata e geofoni a bassa frequenza per applicazioni geotecniche tipiche con profondità di indagine elevata. La fonte di energia delle onde di superficie per il ReMi può essere il rumore ambientale o i semplici passi per stendimenti che indagano profondità limitate o rumore di veicoli per lunghezze maggiori. I profili ReMi si eseguono con successo in aree urbane con attività considerevole, usando il rumore ambientale come fonte di energia. Per indagini presso autostrade, il passaggio dei veicoli può servire da sorgente di energia. Le velocità delle onde S (onde di taglio), il tipico parametro misurato dei materiali geologici, sono una funzione dei moduli dei vari materiali nel profilo del sottosuolo. Le basi della teoria sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multi analisi delle onde di superficie (MASW).

4.2. Descrizione del metodo “RE.MI.”

L’analisi e l’interpretazione ReMi viene eseguita utilizzando un software appropriato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA) che tra l’altro fornisce direttamente il valore di V_{S30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

L’elaborazione del segnale consiste nell’elaborare una trasformata bidimensionale “slowness-frequency” ($p-f$) che analizza l’energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico $p-f$ (fig. 1/b).

In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di pressione, suono, rumore incoerente).

A questo punto l’operatore, in modo arbitrario ed in base all’esperienza, esegue un picking attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o $1/\text{velocità di fase}$) per talune frequenze. Questi valori vengono in seguito plottati su un diagramma *periodo-velocità di fase* per l’analisi della curva di dispersione (fig. 1/a) e l’ottimizzazione di un modello diretto (fig. 2).

4.3. Equipaggiamento e procedure

Le indagini sono state eseguite in accordo con quanto descritto da Louie per sviluppare profili verticali 1D delle onde di taglio. È stato impiegato lo stesso equipaggiamento che generalmente viene usato per la sismica a rifrazione.

Quando opportuno e/o possibile dal punto di vista logistico, vengono acquisiti entrambi i dati, onde P e onde S con la stessa stesa sismica; in questo modo i risultati delle indagini sono complementari e servono come controllo di qualità, tarandosi a vicenda.

Equipaggiamento

È stato usato un sismografo multicanale capace di acquisire fino a 36000 campioni per canale con intervallo di campionamento da 1 a 2 ms in formato SEG2 o SEG-Y. I cavi dei geofoni hanno spaziatura delle uscite di 10 metri con la possibilità di tutte le misure intermedie. I geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4.5 Hz sono stati usati per l'analisi dei profili verticali delle onde S.

Come sorgente di energia delle onde superficiali si è sfruttato il “noise” ambientale a banda larga.



Foto 1 – Sismografo multicanale utilizzato durante l'esecuzione delle prove.

Procedure ReMi

Sono state eseguite due linee sismiche della lunghezza di 115 metri utilizzando due cavi sismici e 24 geofoni mentre la distanza tra i geofoni è risultata essere di 5 metri. La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro di frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. Pertanto è implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e conseguentemente maggiore è la profondità di investigazione.

I due stendimenti sismici, la cui ubicazione è riportata nelle **Tavole 1a e 1b** (Carta di sintesi, redatta in scala 1:5.000 su tutto il territorio comunale), sono stati posizionati:

1. presso il Parco comunale tra Via Roma e Via Papa Giovanni XXIII,
2. più a sud lungo Via dell'Industria, in prossimità del cimitero/campo sportivo.

Tali aree sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi, intesa come possibilità di accesso con i mezzi e facilità di manovra; durante la scelta dei punti di indagine è stata altresì considerata la vicinanza di dati stratigrafici e prove penetrometriche esistenti, in modo da operare un confronto degli stessi, così da poterli utilizzare con consapevolezza rispetto al loro grado di attendibilità.

L'acquisizione dei dati è consistita nel campionamento dell'ambiente e/o delle onde di superficie generate (un evento di campionamento) in corrispondenza della stesa sismica per diversi secondi.

I parametri di acquisizione adottati sono i seguenti:

- sample rate 2 m/s;
- record length 32 s;
- numero di misure acquisite = 10.

Poiché non si era in presenza di una sorgente fissa di “noise” e soprattutto per la presenza di ostacoli soggettivi, non si è provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico (accompagnato dalla ripetizione di alcune acquisizioni).



Foto 2 – Prova geofisica n. 1 presso il Parco comunale. Sulla destra: roggia Mischia e Via Papa Giovanni XXIII.



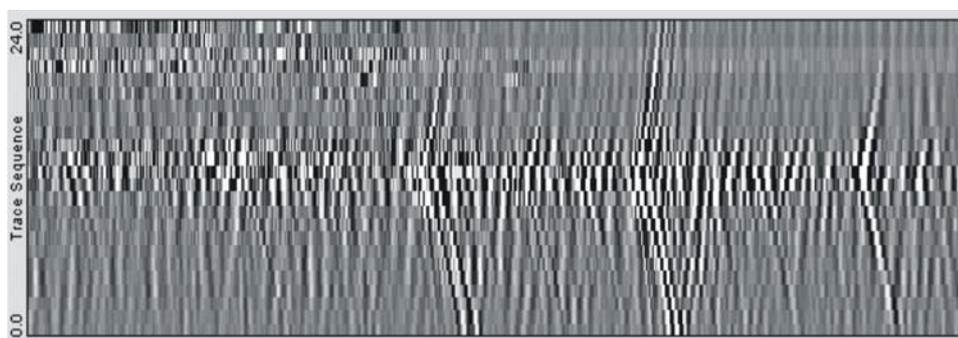
Foto 3 – Prova geofisica n. 2 lungo Via dell'Industria. Sulla sinistra il cimitero comunale, sulla destra il campo sportivo.

4.4. Interpretazione

Sebbene un controllo iniziale e preliminare di qualità dell'interpretazione dei dati ReMi può essere eseguito sul terreno, l'interpretazione completa va fatta in ufficio. I dati acquisiti in campagna sono stati trasferiti dal sismografo al personal computer, utilizzando per l'interpretazione il software SeisOpt ReMi della Optim, che è composto da due moduli.

4.4.1. Analisi del segnale

Nella prima fase elaborativi dei record l'interprete si è limitato ad eseguire alcuni passi obbligati quali la conversione dei file ed il preprocess semiautomatizzato che filtra ed equalizza le tracce. Inoltre sono stati introdotti alcuni parametri: la geometria utilizzata, la frequenza massima da indagare, la velocità di fase minima di partenza ed il numero di vettori "slowness" ($np=2*n$ geofoni).



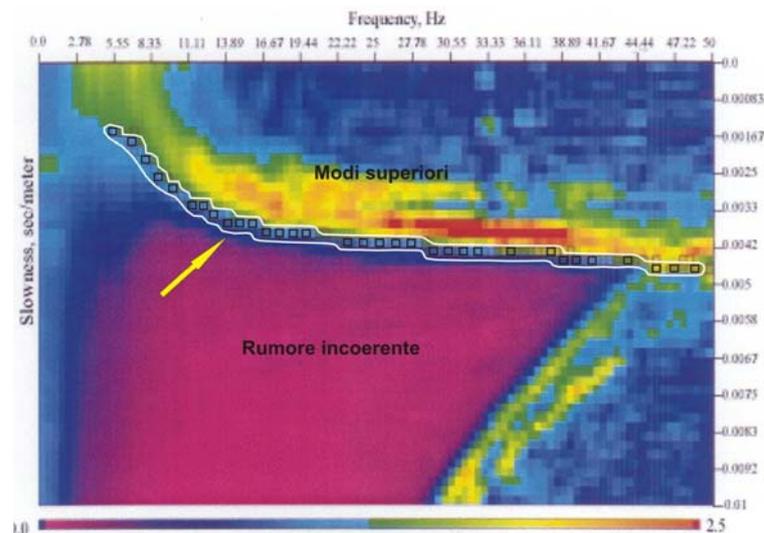
Esempio di "trace sequence"

Gli ultimi tre parametri, opportunamente scelti, concorrono ad aumentare il dettaglio dello spettro di potenza $p-f$ ed a renderlo più adatto ad una campionatura meno ambigua della curva di dispersione.

Sostanzialmente il corretto dimensionamento dei parametri suesposti e che sono suggeriti dall'esperienza dell'interprete, ha lo scopo di diminuire il grado di incertezza e di arbitrarietà che distingue le operazioni di campionature della curva di dispersione.

4.4.2. Picking

Muovendosi con il puntatore del mouse sopra l'immagine $p-f$ (fig. 1/b) sono state selezionate un ragionevole numero di triplette di valori ($f, p, V_{\text{apparente}}$) ricalcando il trend visualizzato nel grafico $p-f$.



Spettro di potenza con evidenziata l'area utile per il corretto picking della velocità di fase.

I criteri che si è cercato di seguire nella scelta del picking sono:

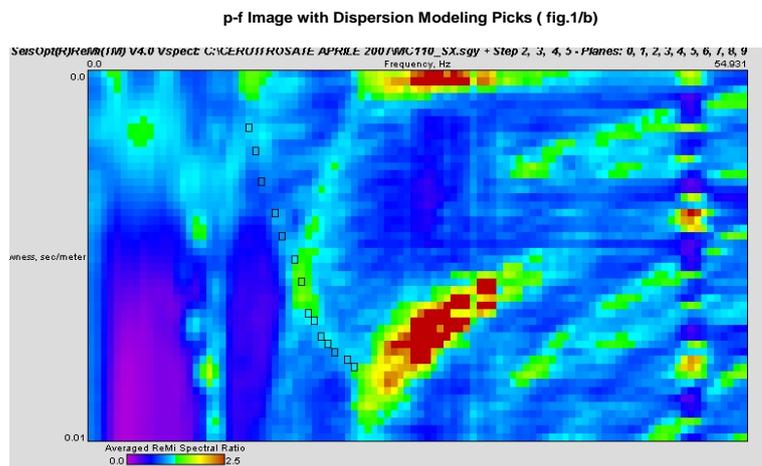
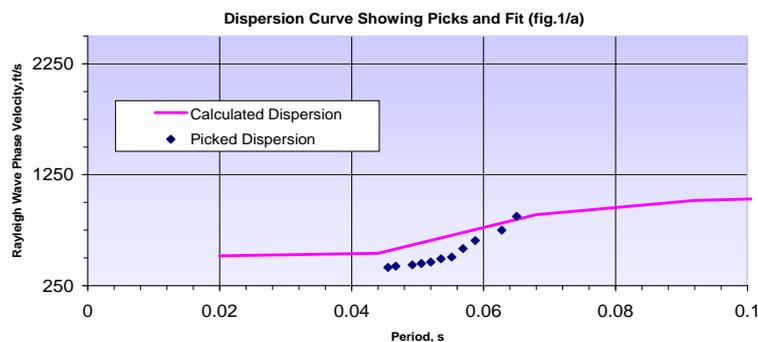
- preferibilmente selezionare solo quelle triplette contraddistinte da una buona definizione dello spettro di potenza (elevata intensità di segnale);
- si è cercato di scegliere la velocità più bassa, prossima al confine tra incoerenza propria del rumore e segnale (tonalità azzurre posizionate al contatto tra verde/giallo e blu/viola) in quanto eseguire il picking lungo l'involuppo a velocità più bassa fornisce maggiori garanzie di campionare velocità che appartengono al modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

4.4.3. Modellazione delle onde di taglio

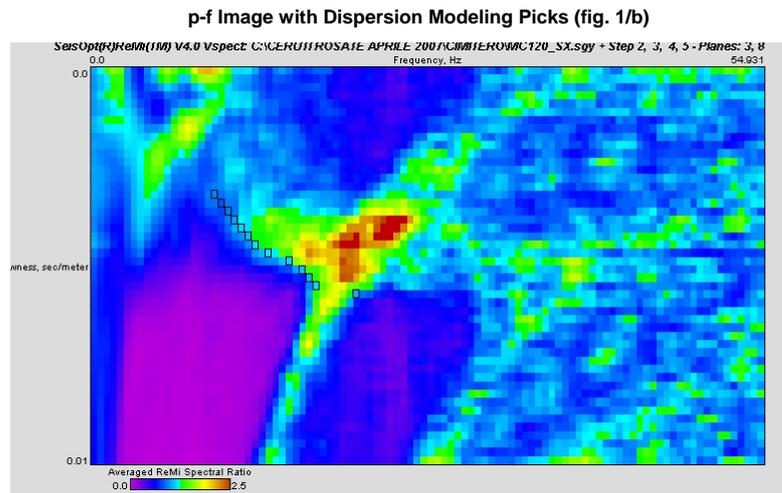
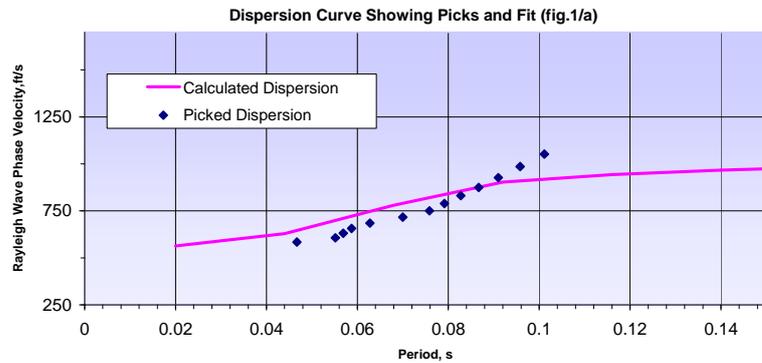
I dati selezionati dall'immagine $p-f$ sono stati plottati su un diagramma nel quale compare una curva di distorsione (fig. 1/a) calcolata a partire da un modello di V_s che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di distorsione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

Si tratta di una modellazione diretta, monodimensionale, che può accettare inversioni di velocità con la profondità ed in cui conta molto l'esperienza del geofisico. Si ricorda, infine, che i profili di Vs ricavati con il metodo ReMi non presentano una soluzione univoca in quanto più di un modello può fornire curve di dispersione simili tra loro e con il medesimo RMS; pertanto è fondamentale avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.

Supportive Illustration



Supportive Illustration



4.4.4. Modello diretto

Nelle figg. 2 “Vs model” vengono diagrammati gli andamenti delle onde di taglio e di compressione secondo un rapporto profondità/velocità. In questo modo è possibile ricostruire un modello del terreno che, sostanzialmente, si traduce in una successione stratigrafica. L’analisi del sottosuolo mediante le tecniche che utilizzano le onde di superficie consente di evidenziare, (dove presenti) al contrario di quanto avviene con la rifrazione, le inversioni di velocità consentendo così di “esacerbare” situazioni anomale e delicate dal punto di vista prettamente geotecnico (strati più lenti al di sotto di strati più veloci e quindi ad elevata rigidità).

È da sottolineare comunque che questo tipo di interpretazione non presenta una soluzione unica, pertanto è importante avere delle conoscenze dirette sulla stratigrafia del sottosuolo indagato.

In sintesi, le principali osservazioni sono:

- nell’ambito dei primi 6 – 7 metri di sottosuolo investigato le velocità di propagazione delle onde sismiche indicano la presenza di materiali a medio - bassa densità. Con ogni probabilità si tratta di depositi sciolti costituiti da sabbia e ghiaietto. In particolare, per quanto concerne il profilo eseguito nel Parco comunale, nell’ambito dei primi 3 metri, non è esclusa la presenza di materiale di riporto e/o rimaneggiato, in considerazione delle velocità riscontrate, che sono risultate molto basse.
- È stato intercettato un orizzonte con potenza nell’ordine di 2 – 3 metri (tetto a circa -7,00 m e letto a circa -10 m) caratterizzato da velocità di propagazione delle onde sismiche tali da suffragare la presenza di materiali prevalentemente argillosi. Questo orizzonte fa da transizione ai depositi alluvionali che definiscono l’area investigata.
- Infatti, al di sotto delle argille di cui sopra, sino alla massima profondità investigata sono state individuate velocità tali da giustificare la presenza di sabbie prevalentemente fini.

	Density	Shear/Compression Velocities		
1.65 m	2.0 g/cc	181.544 m/s	314.434 m/s	ratio: 1.732
3.525 m	2.0 g/cc	148.658 m/s	257.475 m/s	ratio: 1.732
5.175 m	2.0 g/cc	269.239 m/s	466.323 m/s	ratio: 1.732
7.5 m	2.0 g/cc	466.555 m/s	808.073 m/s	ratio: 1.732
9.75 m	2.0 g/cc	620.022 m/s	1073.879 m/s	ratio: 1.732
30.0 m	2.0 g/cc	395.302 m/s	684.663 m/s	ratio: 1.732

Fig. 2/a - Parco comunale

	Density	Shear/Compression Velocities		
1.575 m	2.0 g/cc	181.544 m/s	314.434 m/s	ratio: 1.732
3.75 m	2.0 g/cc	197.987 m/s	342.913 m/s	ratio: 1.732
7.125 m	2.0 g/cc	241.834 m/s	418.857 m/s	ratio: 1.732
9.6 m	2.0 g/cc	592.617 m/s	1026.413 m/s	ratio: 1.732
30.0 m	2.0 g/cc	356.935 m/s	618.212 m/s	ratio: 1.732

Fig. 2/b – prossimità cimitero/campo sportivo

4.5. Calcolo delle “Vs30” (velocità delle onde di taglio nell’ambito dei primi trenta metri di sottosuolo)

L’applicazione del software SeisOpt ReMi Version 3.0 consente di calcolare attraverso la determinazione della “Dispersion Curve”, il valore delle velocità di taglio (Vs) nell’ambito dei primi 30 o più metri investigati.

Sulla base di quanto sopra esposto, si è provveduto al calcolo delle V_{s30} mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove :

h_i = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo

N = numero strati nell’ambito dei primi 30 metri di sottosuolo

Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di V_{s30} pari a:

$$V_{s30} = \mathbf{342,6 \text{ m/s in zona Parco comunale}}$$

$$V_{s30} = \mathbf{316,1 \text{ m/s in zona cimitero – campo sportivo}}$$

PARTE III - DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

5. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nel paragrafo successivo si riporta una descrizione della procedura definita nell'Allegato 5 alla D.G.R. VIII/1566/05, relativo alla “*analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico*”.

5.1. Inquadramento metodologico

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali:

- quelli di sito o di amplificazione sismica locale;
- quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- *effetti di amplificazione topografica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a

seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- *effetti di amplificazione litologica*: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

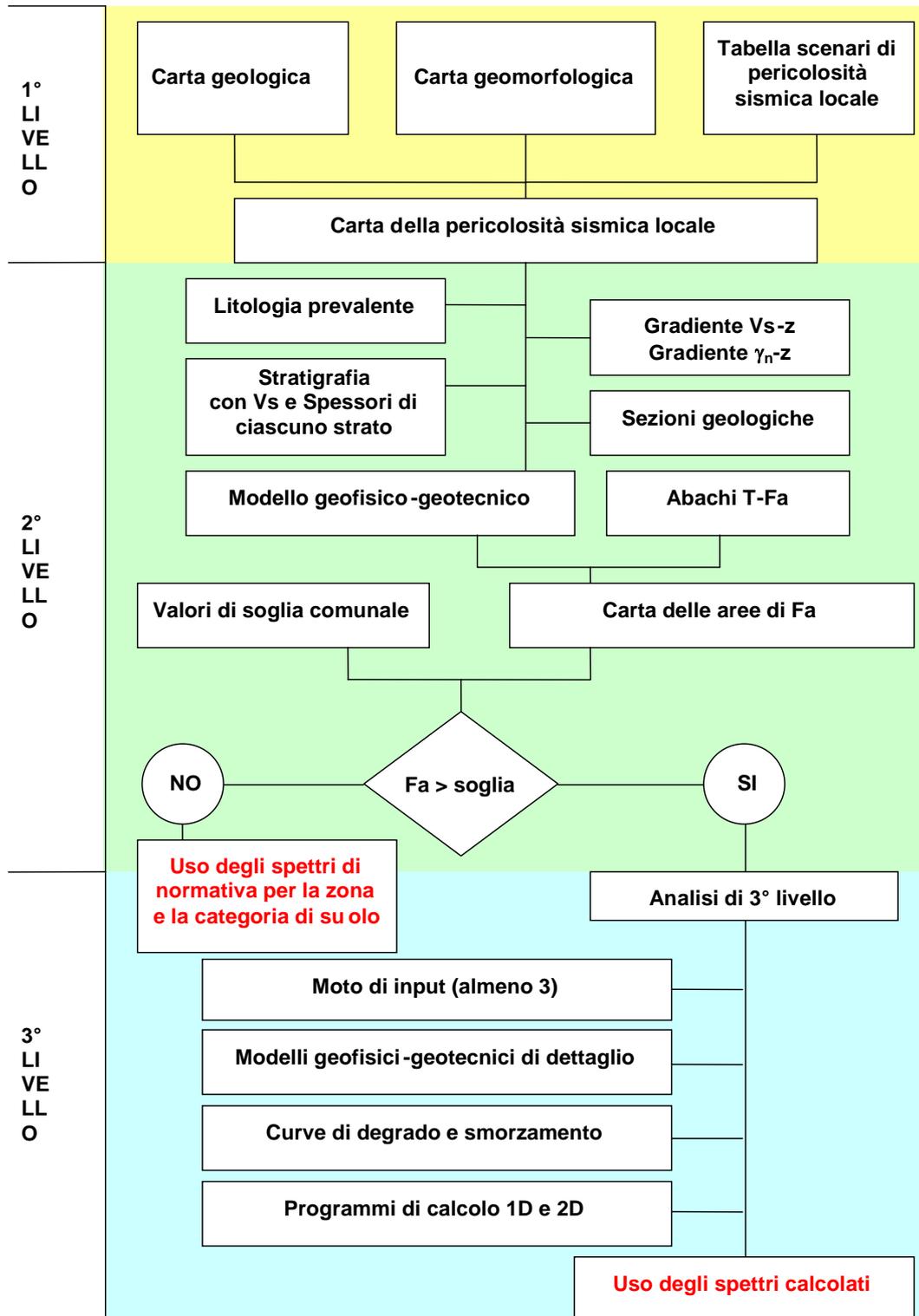
Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito. Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescò del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali. Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture. Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione. Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159. Da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03. Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al D.M. 5 marzo 1984 (41 comuni distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona e Pavia, tutti in zona 2), alla attuale. Per l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è comunque previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute. Durante questo periodo da leggersi come "regime transitorio" è possibile applicare in alternativa la normativa previgente in materia. Per normativa previgente in materia si debbono intendere le norme di attuazione della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e della legge n. 64 del 2 febbraio 1974 e precisamente:

- *D.M. 9 gennaio 1996 – Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- *D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- *D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".*
- *D.M. 11 marzo 1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*
- *D.M. 20 novembre 1987 – Norme tecniche per gli edifici in muratura.*
- *D.M. 3 dicembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.*
- *D.M. 4 maggio 1990 – Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali.*
- *D.M. 24 marzo 1982 – Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento.*

Nelle zone sismiche già classificate e di nuova classificazione, per il periodo transitorio di 18 mesi, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'Ordinanza n. 3274/2003 sia le norme previgenti sopra elencate. Alla luce della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo, in zona 4, della progettazione antisismica esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, si ritiene corretto considerare le specifiche di "sismicità media" (S=9) per i comuni in zona 2 e di "sismicità bassa" (S=6) per comuni sia in zona 3 che in zona 4. Tali specifiche possono essere adottate anche nel caso di edifici non rientranti tra quelli considerati strategici e rilevanti.

In relazione alla *definizione della componente sismica e alla pericolosità sismica locale*, in Allegato 5 alla D.G.R. VIII/1566/05 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003. 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. Tale metodologia prevede tre diversi livelli di approfondimento, organizzati nel diagramma di flusso riportato alla pagina seguente e successivamente sintetizzati.



1[^] livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti; questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella *Tabella 1* dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

2[^] livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa); l'applicazione del 2[^] livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano); per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3[^] livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2); il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1[^] livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica; per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici; per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2[^] livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3[^] livello, come specificato al punto successivo.

3[^] livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3[^] livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5. Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2[^] livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3[^] livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2[^] e 3[^] livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Relativamente alla *Carta della Pericolosità Sismica Locale*, nella carta di fattibilità devono essere riportate con appositi retini "trasparenti" le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con F_a maggiore al valore soglia comunale da quelle con F_a minore. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 settembre 2005, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3[^] livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

L'obbligo di eseguire gli approfondimenti di 3[^] livello per gli ambiti interessati deve essere chiaramente inserito nelle normative di ciascuna delle classi di fattibilità interessate.

5.2. 1° livello di approfondimento

Come sopra indicato, il 1° livello di approfondimento consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Nel caso specifico dell'area in oggetto, il primo livello di approfondimento ha comportato quanto descritto per fasi nel seguito:

Definizione della componente geologica ed idrogeologica

Per la ricostruzione del quadro geologico ed idrogeologico, si è fatto riferimento a quanto già ricostruito nel corso dello studio realizzato ai sensi della L.R. 41/97 e della D.G.R. VII/6645/01.

Raccolta di ulteriori dati disponibili

Si è proceduto ad una fase di ulteriore raccolta dei dati pregressi esistenti:

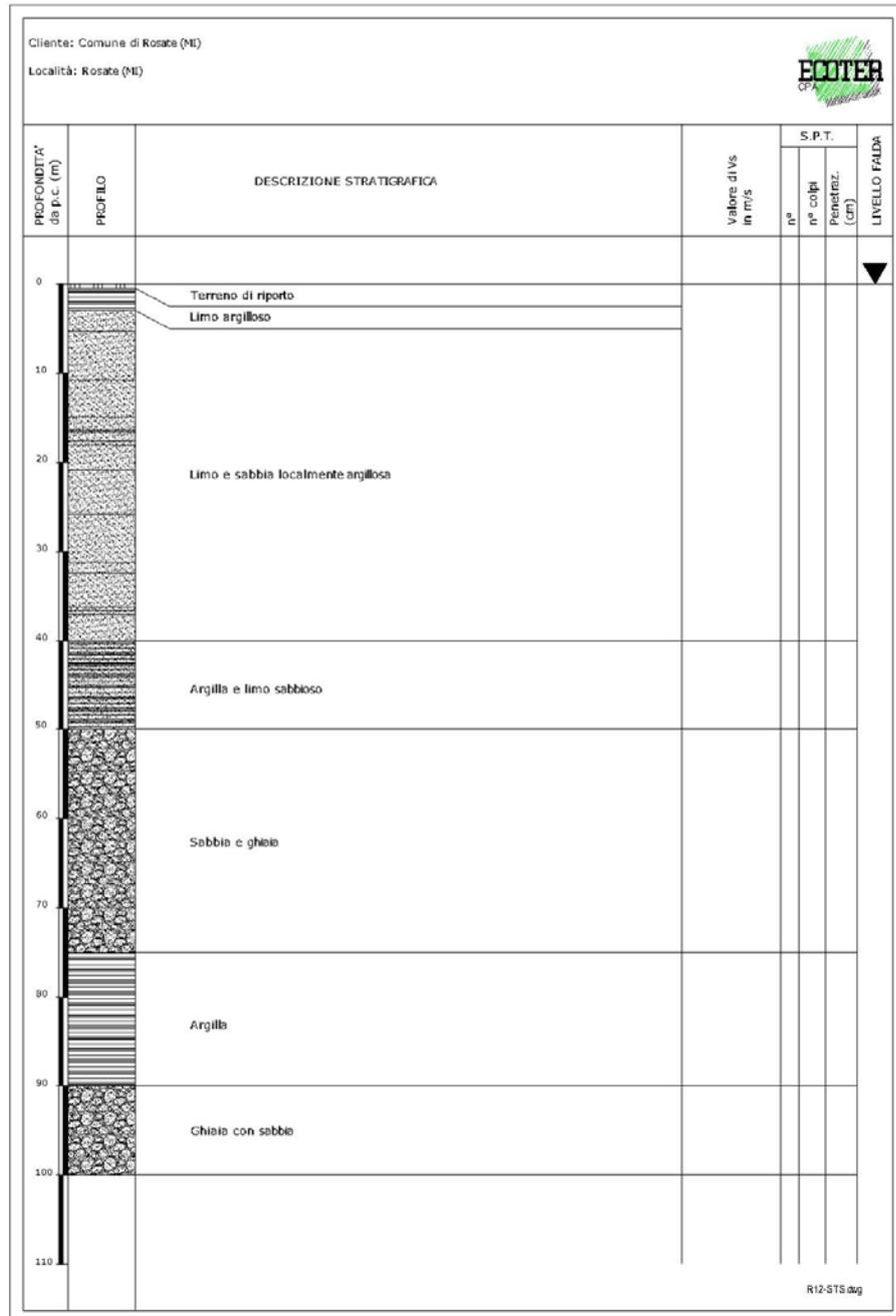
- stratigrafie di pozzi per acqua,
- prove penetrometriche,
- consultazione del S.I.T. regionale.

Indagini geognostiche e caratteri lito-stratigrafici

Si è effettuata un'analisi dei risultati delle indagini geognostiche svolte onde poter caratterizzare in termini qualitativi (successione litologica) e quantitativi (geometrie e spessore delle coperture, condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda) il sottosuolo.

Sulla base delle indagini relative a quanto sopra, si è potuta ricostruire una sequenza stratigrafica tipo caratteristica del territorio del Comune, necessario riferimento per le valutazioni di primo livello.

SEQUENZA STRATIGRAFICA TIPO



Si associano a questa sequenza, almeno fino alla profondità di circa 75 m dal p.c., i depositi di natura fluvioglaciale e fluviale wurmiani (“Diluvium Recente Auct.”), attribuibili all’ultima fase glaciale quaternaria (Pleistocene Superiore).

Nel sottosuolo si ha il passaggio dalla formazione Diluvium Recente ai terreni fluvioglaciali più antichi del Diluvium Medio.

Per la ricostruzione della sequenza sono state utilizzate le stratigrafie esistenti dei pozzi per acqua e i dati provenienti dalle prove penetrometriche dinamiche.

La sequenza in questione presenta la seguente stratigrafia:

- I° livello fino a 3,5 metri caratterizzato da depositi limoso-argillosi,
- II° livello tra i 3,5 e i 40 m composto da limi e sabbie localmente argillose,
- III° livello tra i 40 e i 50 m composto da argille e limi sabbiosi,
- IV° livello tra i 50 e i 75 m composto da sabbia e ghiaia,
- V° livello tra i 75 e i 90 m composto da argilla,
- VI° livello tra i 90 e i 100 m composto da ghiaia con sabbia.

Valutazioni geotecniche

L’analisi dei risultati delle indagini geotecniche ha consentito di poter parametrizzare il sottosuolo in termini di proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali. Questo permette l’individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall’azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili.

<i>Sigla</i>	<i>Tabella 1: SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

<i>Sigla</i>	<i>Tabella 2: SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

5.3. 2° livello di approfondimento: scenario Z4a

Dall'analisi dei dati esistenti è stata identificata la pericolosità sismica locale facendo riferimento agli scenari codificati dalla normativa (*Tabella 1*) in grado di determinare specifici effetti sismici locali.

La valutazione della pericolosità sismica locale permette, oltre all'assegnazione della classe di pericolosità, anche di verificare la eventuale necessità o meno di procedere ai successivi livelli di approfondimento (*Tabella 2*).

Nel caso dell'area in studio, prendendo in considerazione il contesto geologico generale, nonché procedendo per analogia a situazioni assimilabili e comparabili e facendo riferimento agli scenari codificati dalla norma regionale, si è classificata l'area come: “Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”; da tale scelta deriva la necessità di procedere nell'approfondimento di 2° Livello.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce ai due intervalli di “periodo” proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale, intervalli rispettivamente compresi tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s; in particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

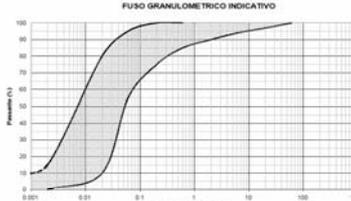
La procedura di 2° livello implica l'analisi, ai fini della valutazione dell'amplificazione locale, di effetti di diverso tipo (topografici e litologici) e fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti topografici (che tuttavia non interessano l'area in studio) solo per l'intervallo 0,1-0,5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5-1,5 s.

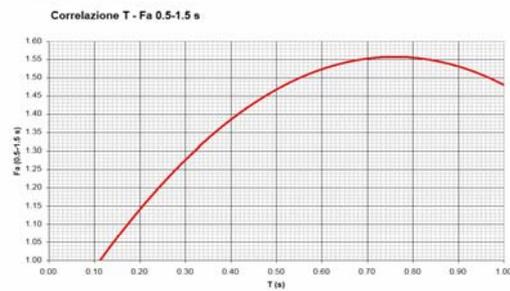
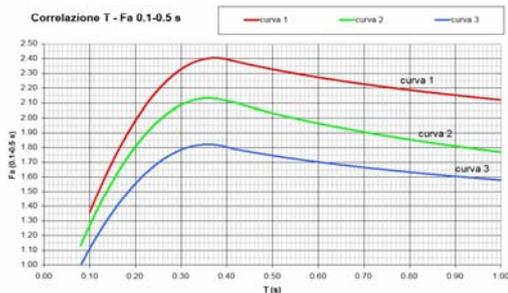
Nel caso dell'area di Piano in studio si è così proceduto:

1. ricostruzione del modello geofisico, sulla base dei profili di Vs riportati al paragrafo 4.4.2. e del modello stratigrafico rappresentato al paragrafo 5.2.,

nonché delle categorie di suolo fornite dall'O.P.C.M. n.3274: in considerazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo, che si collocano in una fascia di transizione tra le categorie proposte dalle norme statali e regionali, si è scelto di effettuare le successive analisi facendo riferimento ad uno scenario corrispondente a suoli di tipo C corrispondenti alla scheda litologica (riferite dall'allegato 5 della D.G.R. VIII/1566/05 e riportate alle due pagine seguenti): “*effetti litologici – scheda litologia limoso sabbiosa tipo 2*”.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI	FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO																												
<p>GRANULOMETRIA: Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi</p> <p>NOTE: Comportamento coesivo Frazione limosa ad un massimo del 95% Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10% Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45% Frazione argillosa fino ad un massimo del 15% A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi</p>																													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARAMETRO</th> <th>INTERVALLO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso di volume naturale</td><td>$\rho(N/m^3)$ 18.5-19.5</td></tr> <tr><td>Peso specifico particelle solide</td><td>$\gamma_s(N/m^3)$ 26.0-27.9</td></tr> <tr><td>Contenuto d'acqua naturale</td><td>w [%] 25-30</td></tr> <tr><td>Limite di liquidità</td><td>w_L [%] 25-35</td></tr> <tr><td>Limite di plasticità</td><td>w_p [%] 15-20</td></tr> <tr><td>Indice di plasticità</td><td>I_p [%] 5-15</td></tr> <tr><td>Indice dei vuoti</td><td>e 0.8-0.9</td></tr> <tr><td>Grado di saturazione</td><td>S_v [%] 90-100</td></tr> <tr><td>Coefficiente di spinta a riposo</td><td>K₀ 0.4-0.5</td></tr> <tr><td>Indice di compressione</td><td>C_c 0.10-0.30</td></tr> <tr><td>Indice di rigonfiamento</td><td>C_r 0.03-0.05</td></tr> <tr><td>Coefficiente di consolidazione secondaria</td><td>C_α 0.002-0.006</td></tr> <tr><td>Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)</td><td>N₆₀ 5-20</td></tr> </tbody> </table>	PARAMETRO	INTERVALLO	Peso di volume naturale	$\rho(N/m^3)$ 18.5-19.5	Peso specifico particelle solide	$\gamma_s(N/m^3)$ 26.0-27.9	Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30	Limite di liquidità	w _L [%] 25-35	Limite di plasticità	w _p [%] 15-20	Indice di plasticità	I _p [%] 5-15	Indice dei vuoti	e 0.8-0.9	Grado di saturazione	S _v [%] 90-100	Coefficiente di spinta a riposo	K ₀ 0.4-0.5	Indice di compressione	C _c 0.10-0.30	Indice di rigonfiamento	C _r 0.03-0.05	Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α 0.002-0.006	Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N ₆₀ 5-20
PARAMETRO	INTERVALLO																												
Peso di volume naturale	$\rho(N/m^3)$ 18.5-19.5																												
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s(N/m^3)$ 26.0-27.9																												
Contenuto d'acqua naturale	w [%] 25-30																												
Limite di liquidità	w _L [%] 25-35																												
Limite di plasticità	w _p [%] 15-20																												
Indice di plasticità	I _p [%] 5-15																												
Indice dei vuoti	e 0.8-0.9																												
Grado di saturazione	S _v [%] 90-100																												
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀ 0.4-0.5																												
Indice di compressione	C _c 0.10-0.30																												
Indice di rigonfiamento	C _r 0.03-0.05																												
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α 0.002-0.006																												
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N ₆₀ 5-20																												



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

- ricostruzione, a partire dal modello stratigrafico citato, degli andamenti delle Vs con la profondità, corrispondenti a Vs crescenti da 135 a 510 in 30 metri da riferire alla scheda “litologia limoso sabbiosa tipo 2”; tali andamenti di Vs sono stati quindi confrontati con i profili di Vs ottenuti sulla base dei dati geofisici a disposizione (modello diretto), che hanno ulteriormente verificato l’applicabilità e “campo di validità” della scheda scelta;
- calcolo delle Vs in funzione di N_{spt} dei primi 15 m utilizzando la relazione:

$$V_s = 54,33 \times (N_{spt})^{0,173} \times \alpha \times \beta \times (Z/0,303)^{0,193}$$

che ha prodotto la distribuzione delle Vs con la profondità rappresentata nel diagramma sottostante; a tal proposito si specifica che cautelativamente si è adottata la relazione N_{spt} = N₃₀; il calcolo delle Vs in funzione di N_{spt} è stato effettuato in modo da operare una taratura dei profili di Vs ottenuti dalle indagini geofisiche, così da poterli utilizzare con consapevolezza rispetto al loro grado di affidabilità;

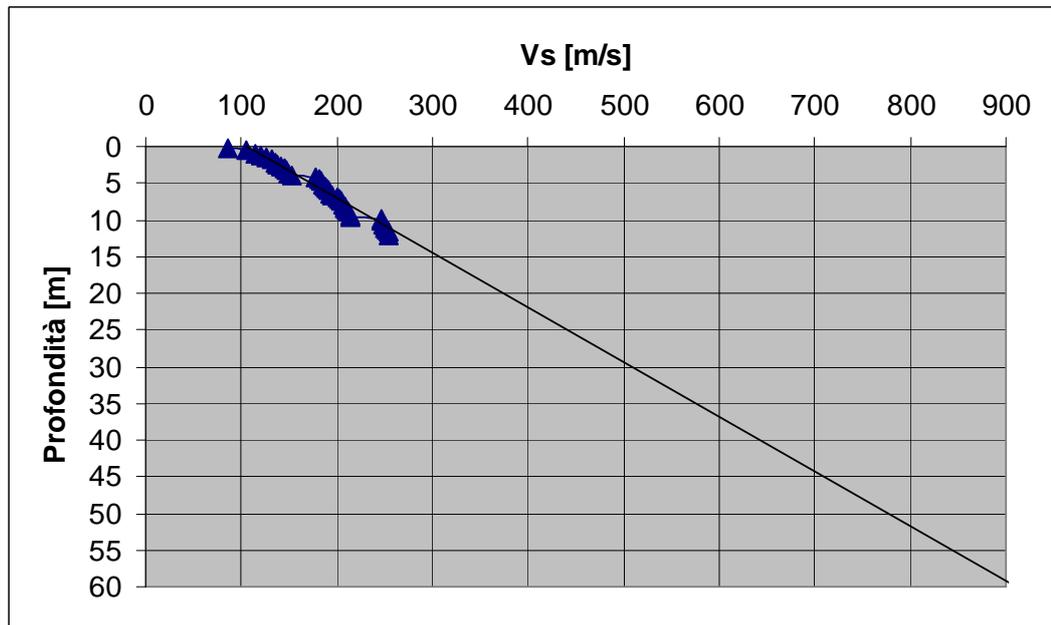


Figura 1.3.a.: distribuzione Vs / profondità, calcolata sulla base di N_{spt}.

- scelta della curva di correlazione T/Fa sulla base delle caratteristiche dello strato superficiale;
- calcolo del periodo proprio utilizzando la relazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{S_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

6. calcolo del valore di Fa per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s in funzione del valore del periodo proprio calcolato e della curva scelta;
7. confronto del valore Fa calcolato dalle curve di correlazione e il valore di soglia comunale (variabilità di 0,1).

PARTE IV - LA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

6. LA FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

6.1. Premesse

Le indagini effettuate hanno permesso di definire un quadro sufficientemente dettagliato relativamente alla situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica del territorio comunale. In particolare, dall'interpretazione integrata dei dati acquisiti si è potuta effettuare una preliminare zonizzazione del territorio comunale nelle seguenti 4 classi di fattibilità geologica delle azioni di piano. Queste classi, distinte in funzione delle loro caratteristiche di propensione al dissesto idrogeologico ed alle condizioni di edificabilità, sono le seguenti:

CLASSE 1 - FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

CLASSE 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI.

Questa zonizzazione geologica del territorio comunale in merito all'edificabilità ha come finalità quella di fornire indicazioni, in merito ad attitudini e vincoli, per la formulazione delle proposte di pianificazione della Variante generale del P.R.G. Comunale e pertanto precede le proposte urbanistiche relative alla definizione delle aree di possibile espansione.

In funzione delle proposte di piano, dovranno essere definite in termini più puntuali, a scala di piano, le condizioni di fattibilità geologica e geotecnica delle opere previste, considerando l'individuazione delle attitudini e delle limitazioni connesse alle caratteristiche del sottosuolo, nonché le prescrizioni tecniche che costituiscono parte integrante delle norme attuative del piano.

6.2. Norme generali

In sede di formulazione delle proposte di pianificazione e di localizzazione delle aree di espansione, nelle fasce di transizione tra le varie classi occorrerà tenere conto anche delle indicazioni fornite per la classe dotata di caratteristiche più scadenti; in tali situazioni, le verifiche da effettuare a supporto della progettazione degli interventi dovranno dimostrare che le opere previste non muteranno in senso peggiorativo la situazione geostatica esistente, anche prevedendo opere a corollario in grado di migliorare l'assetto idro-geo-morfologico complessivo. Le indicazioni fornite in merito all'edificabilità si riferiscono a costruzioni di non particolare mole e complessità strutturale. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni più restrittive di quelle indicate contenute nelle leggi dello Stato e della Regione, negli strumenti di pianificazione sovracomunale e in altri piani di tutela del territorio e dell'ambiente.

Introducendo una suddivisione ed una classificazione degli ambiti idrogeologici e geologico-tecnici, si propone una zonizzazione di massima del territorio comunale, come risultante dalla tabella che segue ed esplicitata meglio nella descrizione delle singole classi. Alla distribuzione dei fattori naturali in essa indicati vanno inoltre sovrapposte le considerazioni relative alla componente vincolistica.

La sintesi del lavoro svolto, illustrata cartograficamente nelle *Tavole 2a e 2b*, corrisponde pertanto alle indicazioni in merito alla fattibilità geologica, che non costituiscono in ogni caso deroga alle norme di cui al D.M. 11 marzo 1988 ed alla Circ. LL. PP. 24 settembre 1988 n. 30483.

Dalla *Tabella 6.2.* emergono limitazioni riferibili a tre classi di problemi:

1. scarsa qualità geotecnica ed eterogeneità dei terreni ai fini della edificabilità, per la quale dovranno essere effettuate specifiche indagini geologiche e geotecniche, come prescritto dalla normativa per le opere di questo tipo;
2. ridottissima soggiacenza della falda dal p.c., per la quale non si possono escludere fenomeni di alluvionamento ed inondazione diretta di manufatti e/o problemi di portanza dei terreni di fondazione; a questo proposito qualunque intervento non potrà prescindere da un'adeguata analisi idrologica ed idraulica;
3. per ciò che concerne la captazione di acque sotterranee destinate al consumo umano, allo stato attuale, sul territorio comunale di Rosate è stato condotto uno studio idrogeologico, idrochimico e ambientale finalizzato all'individuazione delle aree di salvaguardia relativamente al pozzo n° 3 ubicato in via Leonardo Da Vinci (*dott. C. Tumaini: Individuazione dell'area*

di rispetto per il pozzo ad uso idropotabile di Via Leonardo da Vinci, 2001); i risultati di questa indagine hanno portato a ridurre la zona di rispetto entro il raggio di 10 m attorno all’opera di captazione (zona di tutela assoluta); per gli altri due pozzi è invece ancora applicato il criterio geometrico, che assume quale zona di rispetto una superficie di raggio pari a 200 m intorno alla captazione; tali zone di rispetto, all’interno delle quali si applicano i vincoli previsti dall’art. 21 del D.L. 152/99 e successive modificazioni, presentano le geometrie riportate nella **Tavole 1a e 1b** (Carta di sintesi), in scala 1:5.000.

A quanto sopra si aggiungano infine le elevate limitazioni d’uso agronomico dei suoli di questa porzione di territorio. Va infatti segnalato come la tessitura grossolana e la debole strutturazione non favoriscano la capacità di trattenere acqua utilizzabile dalle colture e come l’elevata permeabilità dei vari orizzonti rappresenti un fattore di importante limitazione del “potere tampone” nei confronti sia di potenziali inquinanti idrosolubili che di liquami.

	limitazioni		
	modeste	consistenti	gravi
Componenti			
Idrologica-idraulica:			
- corsi d’acqua (4-10 m dal ciglio di sponda)			
Geolitologica (caratteri geotecnici);			
- tutto il territorio			
Idrogeologica-idraulica;			
- vulnerabilità degli acquiferi medio-alta			
Vincolistica;			
- aree di tutela assoluta pozzi per acqua			
- zone di rispetto pozzi per acqua			
Ecologica-ambientale;			
- fontanili (50 m dal ciglio di sponda)			

Tabella 6.2. Sostenibilità delle azioni di piano in funzione di componenti geologiche naturali e della vincolistica.

Nel caso in cui un intervento insista su terreni appartenenti a zone con diversa zonazione geologica, gli adempimenti di tipo geologico previsti in queste norme, dovranno far riferimento alle prescrizioni più cautelative relative alla zona che presenta maggiori problematiche geologiche. Tale norma dovrà essere applicata, anche nel caso in cui siano previsti interventi insistenti su una singola zona se questa risulta confinante con ”zone 3”. In questo caso gli adempimenti geologici più cautelativi potranno limitarsi ai soli settori prossimi alla zona gravata da una classificazione più restrittiva, ma comunque non potranno prescindere dall’analisi di stabilità del versante relativamente alle condizioni finali previste dalla proposta

progettuale e, a lavori ultimati dalla certificazione sulle condizioni di sicurezza del sito.

Nelle **Tavole 2a** e **2b** (Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano, redatta in scala 1:5.000 su tutto il territorio comunale), compare la classificazione del territorio proposta, definita secondo quanto prescritto dalla DGR n. 6/37918 del 6/8/98. Si richiama il fatto che le classi possibili, definite in tale DGR, sono quattro: alla classe 4 corrispondono le limitazioni più gravi.

6.3. Le classi di fattibilità

Di seguito si riportano le definizioni di classi cosiccome da norma regionale (D.G.R. 22/12/05 n. 8/1566).

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

“In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all’urbanizzazione o alla modifica di destinazione d’uso delle particelle”.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

“In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica della destinazione d’uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe”.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

“La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d’uso dei terreni per l’entità e la natura dei rischi individuati nell’area di studio o nell’immediato intorno. L’utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell’area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d’uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Per l’edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall’edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l’evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall’intervento.”

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

“L’alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d’uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente

interventi così come definiti dall'art. 31, lettere a) b) c) della L. 457/1978. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone, dovranno essere valutate puntualmente. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.”

6.4. Le zone

Per ciò che concerne il rischio geologico, adottando la definizione secondo la quale (comma 2, art. 3, Legge Regionale 21 giugno 1988, n. 33) "*le zone a rischio geologico sono quelle in cui frequenza, intensità, accelerazione e dimensione dei processi naturali ed antropici possono produrre significative variazioni nei caratteri morfologici, pedologici, vegetazionali, idrologici e della qualità delle acque*", sulla base delle risultanze degli studi e delle analisi condotte e descritte nella presente relazione, si prenderanno in considerazione:

- rischio per la qualità delle acque sotterranee,
 - rischio connesso a fenomeni di esondazione della rete idrografica,
 - problematiche geotecniche connesse alle caratteristiche dei terreni,
- non esistendo i presupposti per sostenere l'esistenza di significativi livelli di rischio di altro tipo.

Di seguito si riporta l'individuazione delle zone che ricadono nelle classi di cui al paragrafo precedente ed i criteri di classificazione:

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

La totalità del territorio comunale rientra in classe 2. Seppur non esplicitamente indicate nella Carta di Sintesi (*Tavola 1a e 1b*), per tutte le aree vige infatti un vincolo connesso alla presenza del Parco Sud Milano. A ciò si deve aggiungere la necessità di considerare una seppur modesta limitazione connessa alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni, nonché una limitazione connessa alla vulnerabilità degli acquiferi.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Nella Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano (v. *Tavole 2a e 2b*), sono classificate come consistenti le limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni nelle zone di rispetto delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano (raggio di 200 m). Tali zone sono soggette alle prescrizioni previste dall'art. 21 del D.L. 152/99 e successive modificazioni.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Allo stato attuale, sono state classificate come gravi le limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni nelle fasce di rispetto attorno ai corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrico.

Le limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni nelle aree di tutela assoluta delle captazioni di acque sotterranee destinate al consumo umano, cosiccome quelle corrispondenti alla fasce di rispetto del reticolo idrico, sono

classificate anch'esse come gravi. La zona di tutela assoluta circonda il pozzo con una estensione di raggio 10 m e al suo interno possono essere insediati solo le installazioni relative alla captazione ed eventuali impianti di trattamento delle acque.

Inoltre, nelle aree con emergenze idriche rilevanti (fontanile di Paù), si è introdotta una sottoclasse (denominata “4b”) per indicare in modo più specifico il ruolo che questo elemento morfologico riveste dal punto di vista ambientale; il fontanile in questione infatti, oltre alla particolare funzione agricola, ha anche un elevato valore ecologico, legato alla presenza di una vegetazione di sponda ben conservata, costituita in genere da vegetazione erbacea/palustre ed arbustiva. Pertanto, per le sue caratteristiche di rappresentatività, il fontanile di Paù può essere considerato un “bene geologico”, secondo le indicazioni riportate nella D.G.R. del 6 agosto 1998, n. 6/37918. L'ambito del fontanile e la relativa area di salvaguardia, per le quali è vietata ogni opera di trasformazione, sono stati definiti da una fascia di m. 50 misurati dall'orlo della testa e lungo l'asta, alla luce di quanto riportato all'art. 34 delle Norme di Attuazione del P.T.C.P. della Provincia di Milano e alle Norme del P.T.C. del Parco Agricolo sud Milano.

Infine, come anche riportato anche nella Tav. n. 3/1 “Sistema Paesistico Ambientale” del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Milano, è stata verificata la presenza della testa di fontanile sul confine con il Comune di Noviglio, come rappresentato nella Carta di Sintesi in **Tavola 1**; l'area di salvaguardia di m. 50 misurata dall'orlo della testa di tale fontanile rientra parzialmente nel territorio comunale di Rosate.

6.5. Le norme geologiche di attuazione

Per ciò che concerne le norme, di seguito si forniscono indicazioni in merito alle indagini da eseguire in relazione alle diverse problematiche identificate nelle diverse zone e sintetizzate nella *Tabella 5.1.*

Quanto di seguito prescritto ed in precedenza definito per le diverse aree, si basa su conoscenze acquisite anche da studi precedenti ed andrà in ogni caso verificato mediante indagini dirette al momento della effettiva realizzazione di opere civili o di interventi infrastrutturali sulle aree stesse.

Quanto contenuto in questa relazione non può inoltre in alcun modo considerarsi documentazione sostitutiva di quanto prescritto dal D.M. 11 marzo 1988, che definisce le “*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo ...*”. Anche le indagini svolte nelle diverse aree non potranno quindi essere considerate esaustive per ciò che concerne le necessità di caratterizzazione geotecnica dei terreni in sede di progettazione di interventi nelle stesse aree, né tantomeno in aree diverse, anche se attigue.

Si fa inoltre presente che ove fossero presenti vecchie discariche di r.s.u. o inerti e queste ricadessero in classe 2 andranno effettuate ulteriori ed approfondite indagini geologico conoscitive, più approfondite di quelle già previste per la suddetta classe 2.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

In queste zone, le problematiche di carattere geologico e geotecnico, connesse alla presenza di:

- falda superficiale a scarsa profondità,
- terreni con proprietà geotecniche scadenti alle profondità generalmente interessate da opere di fondazione,
- rete irrigua diffusa e gradienti topografici ridotti, che possono determinare, in occasione di eventi idrologici significativi, anche se non estremi di fenomeni di esondazione della rete artificiale e di allagamento del territorio,

dovranno essere identificate e quantificate anche attraverso l'esecuzione di puntuali ed opportune indagini geognostiche. In questa classe di fattibilità, gli studi geologici e geotecnici da redigere ai sensi del D.M. 11/03/1988 dovranno essere in particolare finalizzati alla definizione della geometria e delle caratteristiche geotecniche del substrato, previa esecuzione di idonee indagini geognostiche; per interventi di mole non rilevante potrà essere sufficiente una caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica speditiva mediante l'apertura di

trincee esplorative con escavatore meccanico, eventualmente da integrare successivamente con indagini più profonde, quali sondaggi e prove penetrometriche, nel caso in cui le trincee diano esiti sfavorevoli o insufficienti ed esecuzione di verifiche geotecniche per il corretto dimensionamento delle strutture fondazionali finalizzate al calcolo della capacità portante e dei cedimenti in relazione ai carichi di progetto.

In termini di qualità ambientale ad esempio, sarà considerata pericolosa ed inaccettabile una attività od intervento che, comportando una modifica peggiorativa delle caratteristiche litologiche superficiali, sia in grado di innescare un rilevabile processo di deterioramento. Va tenuto conto infatti che un'attività che determini una variazione nel regime delle acque superficiali innesci una accelerazione dei processi di asporto ed erosione a carico degli orizzonti superficiali, nonché una maggiore possibilità di infiltrazione di contaminanti. In tale area andranno eliminate tutte le strutture che in qualunque modo producano una infiltrazione o uno smaltimento di reflui direttamente nel sottosuolo.

Considerando inammissibili gli interventi che modifichino il regime o la composizione delle acque, andranno verificate le caratteristiche di inerzia chimica dei materiali utilizzati; risulterà necessario inoltre provvedere alle opportune opere di prevenzione e di mitigazione degli effetti degradanti delle diverse attività.

È evidente come il rischio reale andrà limitato definendo anche delle possibilità di controllo, ossia un piano di monitoraggio del sistema naturale.

Per ciò che concerne interventi che possano determinare una variazione del regime idrologico dei terreni, interagendo con la normale evoluzione dei fenomeni di infiltrazione e deflusso delle acque superficiali e/o meteoriche, si dovranno prevedere soluzioni progettuali compatibili.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

Nei comparti compresi in queste zone le condizioni rilevate pongono in evidenza problematiche negative di una certa rilevanza, determinate dalla presenza, oltre che di quanto elencato relativamente alla classe 2, di pozzi per acqua destinati all'approvvigionamento idropotabile.

Questo insieme di situazioni portano ad inserire in termini di zonazione e quindi di normativa geologica di attuazione, tutti questi comparti nell'ambito di una fruibilità urbanistica molto limitata ed in questo senso occorre sottolineare che, proprio in funzione delle tipologie relative alle problematiche emerse e della necessità di approfondire alcune tematiche connesse a situazioni specifiche, sarà necessario procedere ad una verifica preliminare, tesa a constatare la effettiva

assenza di fenomeni geologici tali da sconsigliare, in rapporto ad una troppo elevata onerosità delle opere di bonifica e/o presidio, l'effettiva realizzabilità dell'intervento.

Per quanto riguarda le zone di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D.Lgs. 258/2000. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art.5 comma 6 del citato D.Lgs. (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione ai sensi dell'art.5 comma 6 del D.L. 258/00, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermutazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n. 6/15137 del 27 giugno 1996) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Come già detto, il pozzo ubicato in via Leonardo Da Vinci è stato oggetto di un precedente studio idrogeologico, in base al quale la zona di rispetto è stata ridotta entro il raggio di 10 m attorno all'opera di captazione (zona di tutela assoluta). Per gli altri due pozzi è stato invece adottato il criterio geometrico, che assume quale zona di rispetto una superficie di raggio pari a 200 m intorno alla captazione.

Inoltre, l'applicazione del D.M. 11/3/988 deve mirare all'accertamento dei seguenti aspetti:

- 1) per tutte le zone, seppur a diversa problematicità, l'effettiva presenza/assenza di condizioni, anche circostanziate e puntuali, che inducano a classificare la zona di intervento tra le aree con significativi fenomeni potenziali o in atto;
- 2) natura, origine, potenza, caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni, al fine di accertarne le condizioni di equilibrio sia complessivo sia puntuale, prima di qualsiasi intervento modificatorio e di prevederne il comportamento in rapporto agli interventi previsti, accertando preventivamente se e con quali accorgimenti siano eseguibili i previsti interventi modificatori dell'attuale assetto e del regime idrologico ed idrogeologico.

Gli accertamenti geologici e geotecnici prescritti relativamente all'area di intervento ed a un suo intorno ritenuto significativo devono contenere a livello di standard minimo una adeguata documentazione che definisca ed indichi le fasi di indagine preliminari finalizzate agli accertamenti di cui ai precedenti punti:

- 3) la documentazione cartografica di dettaglio dell'assetto geologico, riferito in particolare modo agli orizzonti di maggiore evidenza, con particolari approfondimenti orientati a verifiche di stabilità;
- 4) la documentazione cartografica dell'assetto geomorfologico ed idrologico nel complesso e delle caratteristiche idrogeologiche e geotecniche di tutti gli orizzonti, contenente riferimenti bibliografici e dati tecnici e diagnosi di carattere preliminare, supportata da elementi desunti, oltre che da spaccati naturali significativi anche da prospezioni geognostiche dirette "leggere" (trincee, pozzetti, prove penetrometriche), a larga maglia, eventualmente integrate da indagini geofisiche;
- 5) il progetto completo delle prospezioni geognostiche dirette (sondaggi geognostici prove geotecniche in situ, prove ed analisi di laboratorio), programmate sulla scorta degli elementi acquisiti con le prospezioni, per la fase di progetto esecutivo;
- 6) la documentazione grafica (stratigrafie, sezioni geologico-tecniche) di accertamenti fino a profondità non inferiore a 5.0 m al di sotto del volume interessato dagli effetti degli interventi. Gli accertamenti dovranno essere condotti attraverso dati desunti oltre che da quanto richiamato al punto precedente, da prospezioni geognostiche dirette complete (sondaggi meccanici, prove geotecniche e geomeccaniche in situ e/o in laboratorio).

Ai fini procedurali:

alla presentazione della domanda di concessione e di autorizzazione edilizia dovrà essere presentata una relazione di geologica di fattibilità, contenente:

- la documentazione di cui sopra;
- il progetto esecutivo delle prospezioni geognostiche e delle prove geotecniche in situ e prove ed analisi di laboratorio;
- la verifica di compatibilità tra progetto e caratteristiche geologiche, conforme in ogni caso al comma 3° comma punto B5 del D.M. LL.PP. 11.03.88;
- la verifica delle ripercussioni dell'intervento sul comportamento statico o sulla funzionalità di manufatti adiacenti;
- per gli interventi nei quali siano previste nuove superfici impermeabilizzate superiori a 200 mq, gli elementi idrogeologici dovranno essere sviluppati ed approfonditi in un apposito capitolo della Relazione Geologica di Fattibilità;

alla fine lavori dovrà essere presentata una relazione geologica e geotecnica di fine lavori, con indicazione:

- una sintesi degli elementi geologici e geologico tecnici progressi e rilevati;
- delle problematiche riscontrate all'atto esecutivo;
- dei lavori di carattere geologico effettivamente eseguiti;
- dei criteri fondazionali messi in atto;
- degli eventuali monitoraggi messi in opera;

- delle eventuali verifiche di stabilità eseguite;
- del tipo di opere speciali di tipo definitivo eventualmente utilizzate;
- dei sistemi di drenaggio eventualmente messi in opera;
- sulla corretta esecuzione degli interventi eseguiti sul suolo e nel sottosuolo a garanzia della compatibilità geologica delle opere realizzate, nonché per la tutela dell'equilibrio geomorfologico e dell'assetto idrogeologico e idraulico della zona di intervento.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Per le aree ricadenti in questa classe è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti all'art. 31, lettere a) b) c) della L. 457/1978. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone, potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto che determina l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio idrogeologico esistente.

Relativamente alle possibilità d'uso del territorio all'interno delle zone di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile, si precisa che esse dovranno essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Per quanto non specificato ulteriormente valgono le stesse prescrizioni indicate per la classe 3.

7. CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica:

- è stata redatta in relazione al vigente Studio Geologico sul territorio comunale di Rosate (MI), ai sensi della L.R. 24 novembre 1997, n. 41 “*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*” (oggi abrogata dalla L.R. 12/05);
- rappresenta uno studio geologico ai sensi della D.G.R. VIII/1566/05 “*Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*”;
- provvede all’aggiornamento dello studio geologico precedente ai sensi della L.R. 41/97 e della D.G.R. VII/6645/01, relativamente a: analisi sismica, revisione carta di sintesi, revisione carta di fattibilità per inserimento scenario di pericolosità.

Il territorio di Rosate, come già specificato nel testo, risulta ad oggi classificato in zona 4, ma dall’analisi della pericolosità sismica di cui alla O.P.C.M. del maggio 2006 lo stesso territorio ha caratteristiche assimilabili alla zona 3.

Dall’applicazione al territorio comunale degli scenari di pericolosità sismica locale individuati dalle direttive di cui alla DGR 8/1566/05, risulta uno scenario “*Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*”.

L’Ordinanza n° 3274 del marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri: “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” aggiorna la normativa sismica in vigore, con l’attribuzione alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell’accelerazione al suolo. Inoltre tale ordinanza propone l’adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A – B – C – D – E) tipologie di suoli (più altri due speciali: S₁ e S₂), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}).

Le classi di cui sopra sono definite da parametri indicati nel EC8 (euro codice 8) e più specificatamente: velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

Il valore delle V_{s30} calcolati corrispondono alla tipologia di suolo C: “*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media rigidità con spessori variabili da diverse decine di metri fino a centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s, (ovvero resistenza penetrometrica $15 < NSPT < 50$, o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ KPa*”.

Per il comune di Rosate (MI) i valori regionali di soglia dei terreni di categoria C forniti dal Politecnico di Milano sono:

- periodo tra 0,1-0,5 = 1,4
- periodo tra 0,5-1,5 = 2,4.

I calcoli e le verifiche dei Fattori di Amplificazione (F_a), effettuati per l’area in studio e nei termini esposti in precedenza nel testo, hanno evidenziato un superamento, per i suoli di tipo C, del valore di soglia per il periodo compreso tra 0,1-0,5. Il periodo 0,5-1,5 risulta invece verificato.

Nella prospettiva della progettazione e della realizzazione degli interventi di Piano, sulla base dei risultati di quanto sopra, valgono pertanto le seguenti prescrizioni in relazione all’aspetto sismico:

- per il periodo 0,5-1,5 la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applicherebbe lo spettro previsto dalla normativa;
- per il periodo compreso tra 0,1-0,5 a seguito dell’applicazione del 2° livello si è dimostrata l’inadeguatezza della normativa sismica nazionale all’interno dello scenario Z4a individuato, pertanto si richiede l’attuazione di un 3° livello di approfondimento tramite indagini e analisi più approfondite, secondo le prescrizioni della norma regionale. In alternativa, si dovranno utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (Zona sismica 3).