PREMESSA 3

1. MODIFICHE ED INTEGRAZIONI GEOLOGICHE 5

1.2. METODOLOGIA DI LAVORO 6

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 8

2.1. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL TERRITORIO DESUNTE DA INDAGINI GEOGNOSTICHE 11

3. DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA 14

3.1. LA ZONAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO ITALIANO 14
3.2. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE 15
3.3. CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE SISMICHE 17
3.4. NORMATIVA REGIONALE 22
3.5. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DAL PUNTO DI VISTA SISMICO 24
3.5.1 Azione sismica 24
3.6. RISPOSTA SISMICA LOCALE 26
3.7. ANALISI DELLA SISMICITÀ LOCALE 28
3.7.1. Analisi 1° livello 29
3.7.2. Analisi 2° livello 31
3.7.3. Analisi 3° livello 33
3.8. SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE NEL TERRITORIO COMUNALE 34

4. LIQUEFAZIONE 37

5. GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA 39

5.1. DEFINIZIONI 39
5.2. TIPOLOGIE DI IMPIANTI 39
5.2.1. Impianti geotermici "*a circuito chiuso*" e impianti geotermici "*a circuito aperto*" 39
5.2.2. Impianti geotermici "*a circuito aperto*" 40
5.3. ASPETTI AMBIENTALI 41
5.3.1. Sonde geotermiche verticali e impianti ad acqua di falda 41
5.4. STUDI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI 42

6. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO COMUNALE 43

7. CARTOGRAFIA DI SINTESI 44

8. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO 45

8.1. CRITERI DI ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI 45

TAVOLE:

Tavola A : Carta geologica e geomorfologica	scala 1 : 10.000
Tavola B : Carta idrogeologica	scala 1 : 10.000
Tavola 1 : Carta PAI	scala 1 : 10.000
Tavola 2 : Carta dei vincoli	scala 1 : 10.000
Tavola 3a : Carta di pericolosità sismica locale	scala 1 : 5.000
Tavola 3b : Carta di pericolosità sismica locale	scala 1 : 5.000
Tavola 3c : Carta di pericolosità sismica locale	scala 1 : 5.000
Tavola 4a : Carta di sintesi	scala 1 : 5.000
Tavola 4b : Carta di sintesi	scala 1 : 5.000
Tavola 4c : Carta di sintesi	scala 1 : 5.000
Tavola 5a : Carta di fattibilità	scala 1 : 5.000
Tavola 5b : Carta di fattibilità	scala 1 : 5.000
Tavola 5c : Carta di fattibilità	scala 1 : 5.000

ALLEGATI

Allegato 1 – Tabulati Prove penetrometriche

PREMESSA

L'attuale fase di indagine, connessa alla redazione del P.G.T. e affidata al sottoscritto professionista con Determinazione N. 153 del 29/10/2008, ha lo scopo di definire la componente sismica del territorio comunale secondo i criteri di cui alla D.g.r. n. 1566/2005 integrata dalla D.g.r. n. 7374/2008 ed inoltre di aggiornare lo studio geologico allegato al vigente PRG, redatto dal dott. Geologo Giorgio Negrini, approvato con atto consiliare N°30 del 10/11/2003 e dichiarato conforme ai suddetti criteri e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all' art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Le integrazioni apportate al vigente studio geologico riguardano principalmente la riperimetrazione, in termini di fattibilità geologica per le azioni di Piano, alla scala di maggior dettaglio, di alcune aree riportate attualmente in classe 4 generica (per le zone non interessate direttamente da dissesti) o in classe 4 specifica (area di frana dove sono intervenute modifiche dello stato di attività), l'aggiornamento della Carta di fattibilità per le azioni di piano con la revisione ed estensione delle Norme Geologiche di Attuazione con riferimento al regolamento di polizia idraulica comunale ed alle nuovi disposizioni di legge in materia di gestione del territorio ed edilizia.

La deliberazione n. 8/1566 del Dicembre 2005 ha definito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei Comuni, secondo quanto stabilito dalla L.R. 12/2005; i criteri ed indirizzi approvati con la D.g.r. 8/1566/05 sono stati successivamente aggiornati ed integrati a seguito dell'approvazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30 ed entrato in vigore il 6 marzo 2008, ed della legge n. 31 del 28 febbraio 2008 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248".

I riferimenti legislativi utili per lo svolgimento dello studio sono:

- ***D.D.G. 3 agosto 2007, n. 8943*** "Linee Guida di Polizia Idraulica"
- ***D.G.R: 15 marzo 2006, n. 8/2121*** "Criteri e procedure per l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di tutela dei beni paesaggistici in attuazione della l.r. 11 marzo 2005, n.12"
- ***D.G.R. 29 marzo 2006, n. 8/2244*** "Approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'art. 44 del D.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della l.r. 26/2003
- ***L.R. 11 marzo 2005, n. 12*** "Legge per il Governo del Territorio"
- ***D.L. 3 aprile 2005, n.152*** "Norme in materia ambientale"
- ***D.lgs. 22 gennaio 2004, n.42*** "Codice dei beni culturali e del paesaggio ai sensi dell'art. 10 della l. 6 luglio 2002, n. 137"
- ***D.G.R. VII/18453 30 luglio 2004*** "Individuazione degli enti gestori dei proposti siti di importanza comunitaria (pSIC) e dei siti di importanza comunitaria (SIC) non ricadenti in aree

protette, e delle zone di protezione speciale, designate dal Decreto del Ministro dell'Ambiente 3 aprile 2000"

- ***D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950***. Modifica della D.G.R.25 gennaio 2002 n. 7/7868 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3, comma 114 della l.r. 1/2000. Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica".
- ***D.G.R. n.VII/14106 8 agosto 2003*** "Elenco dei pSIC ai sensi della Direttiva 92/43/CEE per la Lombardia, individuazione dei soggetti gestori e modalità procedurali per l'applicazione della valutazione d'incidenza"
- ***D.G.R. 29 ottobre 2001 n.7/6645*** "Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97".
- ***D.lgs. 2 febbraio 2001, n. 31*** "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano
- ***D.G.R. 29 ottobre 2001 n.7/6645*** "Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97"
- ***D.lgs. 258/2000*** "Disposizioni correttive e integrative del D. Lgs 11 maggio 1999 n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'art.1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n.128…"
- ***D.lgs. 17 luglio 1998, n. 6/37466*** "Approvazione dello statuto del consorzio per la gestione del Parco Regionale della Valle del Ticino" (l.r. 30 novembre 1983, n. 86, l.r. 16 settembre 1996, n.26)
- ***L. 3 agosto 1998, n. 267*** e ss.mm.ii., art. 1, comma 1-bis,"Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267)
- ***L. 14 febbraio 1992 n. 225*** "Istituzione del Servizio nazionale della Protezione Civile; organizzazione degli studi atti a definire le aree a maggior rischio idrogeologico"
- ***D.M. LL.PP. 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, emanato in attuazione dell'art. 1 della Legge n. 64/1974".
- ***D.M. 14 gennaio 2008*** "Norme Tecniche delle Costruzioni"

1. MODIFICHE ED INTEGRAZIONI GEOLOGICHE

Per l'assenza di significative alterazioni e modifiche del quadro idrogeologico, geologico e geomorfologico nel territorio non sono state apportate modifiche alla relazione geologica generale allegata al precedente studio e alle seguenti tavole cartografiche:

- Carta geologica
- Carta idrogeologica
- Carta geolitologica e della dinamica geomorfologica
- Aree di esondazione e di dissesto di carattere torrentizio lungo il Torrente Staffora

Le Carte geologica, geomorfologica ed idrogeologica sono state ridisegnate esclusivamente per l'adeguamento della cartografia di base, sostituendo il CTR in scala 1:10000 con
l' aerofotogrammetrico comunale (volo giugno 2010).
Le tavole allegate sono indicate, quindi, con Tavola A – geologica e geomorfologia – e Tavola B – Carta idrogeologica .

Il presente studio recepisce invece le nuove disposizioni in materia di polizia idraulica attribuite al comune di Rivanazzano Terme a seguito dell'adozione dello studio "Reticolo idrico minore e principale del territorio comunale" redatto nel Marzo 2005 dal dott. Negrini.
Questo elaborato classifica i corsi d'acqua minore e definisce i criteri utili al comune per il rilascio di autorizzazione, per la definizione di pertinenza idraulica dotandolo di tutti i mezzi necessari per la salvaguardia e conservazioni dei corsi d'acqua.
Per quanto riguarda il reticolo idrografico principale, di cui fanno parte il Torrente Staffora, il Torrente Rile ed il Torrente Limbione, le funzioni di polizia idraulica e gli atti autorizzativi e concessori sono di competenza della Regione Lombardia e dell'A.I.P.O. (Agenzia Interregionale per il Fiume Po), il Comune di Rivanazzano Terme applicherà le prescrizioni di Polizia idraulica del R.D. 25 Luglio 1904, n° 523 "*Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie*".
Proprio lungo il Torrente Staffora in corrispondenza di Cascina Mulino Campanile è stata apportata una integrazione all'elaborato grafico della Carta del PAI interessata da variante geologica al PRG per la trasformazione da (Eb) a (Em) – come da elaborato geotecnici del dott. Luigi Meisina datata Luglio 2007 e Rifer. PARERE REGIONE LOMBARDIA DEL 03.02.2005 – Protocollo Z1.2005.0004308.
Sono state apportate modifiche riportando le fasce ristrette del pozzo idropotabile denominato "Bidella" evidenziate dallo studio redatto nel dicembre 2008 dal dott. Geol. Negrini e contestualmente approvato dal Comune di Rivanazzano.
La Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano (Tavole 5a - 5b – 5c) viene aggiornata con la sovrapposizione degli scenari di PSL individuati.

La D.g.r. 8/1556 (e successive integrazioni) prevede inoltre che sulla Carta della Fattibilità non vengano riportati i perimetri delle zone di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, dei cimiteri, dei depuratori e del reticolo idrico minore, in quanto già soggette a specifica normativa.

I diversi elaborati cartografici di inquadramento, estesi al solo territorio comunale o ad un intorno significativo, sono stati redatti in funzione del tematismo considerato.
Tutte le altre tavole sono state realizzate su aerofotogrammetrico comunale (volo giugno 2010).
Il sistema di riferimento utilizzato è *Gauss-Boaga nel Datum Roma40.*
A supporto del presente studio sono state realizzate n. 11 Tavole di inquadramento:

- Tav. 1 : Carta PAI scala 1 : 10.000
- Tav. 2 : Carta dei vincoli scala 1 : 10.000
- Tav. 3a : Carta di pericolosità sismica locale scala 1 : 5.000
- Tav. 3b : Carta di pericolosità sismica locale scala 1 : 5.000
- Tav. 3c : Carta di pericolosità sismica locale scala 1 : 5.000
- Tav. 4a : Carta di sintesi scala 1 : 5.000
- Tav. 4b : Carta di sintesi scala 1 : 5.000
- Tav. 4c : Carta di sintesi scala 1 : 5.000
- Tav. 5a : Carta di fattibilità scala 1 : 5.000
- Tav. 5b : Carta di fattibilità scala 1 : 5.000
- Tav. 5c : Carta di fattibilità scala 1 : 5.000

1.2. Metodologia di lavoro

La metodologia adottata è stata articolata in tre principali fasi di attività:

- *Fase di ricerca ed analisi* che consiste nel rilevare ed analizzare tutti i dati geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici, al fine di elaborare le carte tematiche indicate; tali dati vengono poi utilizzati per l'analisi del rischio sismico e la stesura della carta della pericolosità sismica locale
- *Fase di sintesi/valutazione* è definita tramite la redazione della 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 ed idrogeologica

- *Fase di proposta* definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione; il territorio viene pertanto classificato secondo ambiti omogenei per pericolosità geologica-geotecnica ed idraulica-idrogeologica a cui devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Rivanazzano Terme (PV) si colloca nel settore collinare della provincia pavese, pochi chilometri a sud rispetto all'abitato di Voghera.

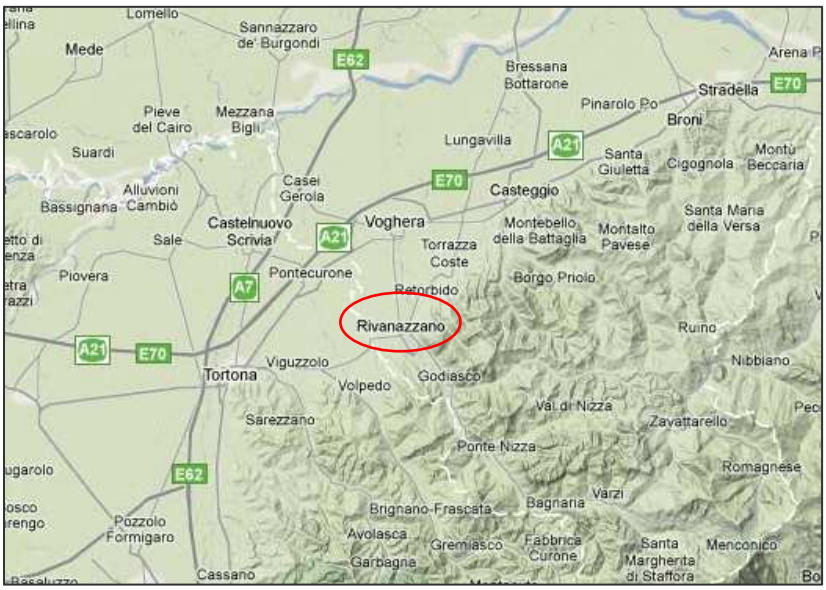


Figura 2.1.: Inquadramento territoriale dell'area in esame

Il comune di Rivanazzano Terme, dal punto di vista amministrativo, confina a nord con i comuni di Voghera e Pontecurone (AL), a est con quello di Retorbido e Rocca Susella, a sud con Godiasco e Casalnoceto (AL).

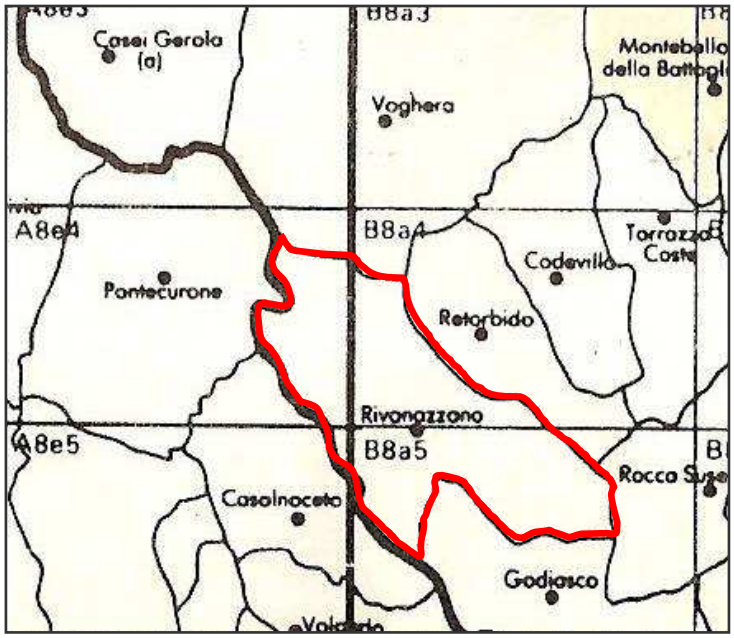


Figura 2.2: Limiti amministrativi dell'area in esame

Il territorio comunale di Rivanazzano Terme risulta cartografato sul Foglio n° 71 "Voghera" della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:100.000 ed è identificato sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 nelle sezioni A8e4, A8a5, B8e4, B8a5.

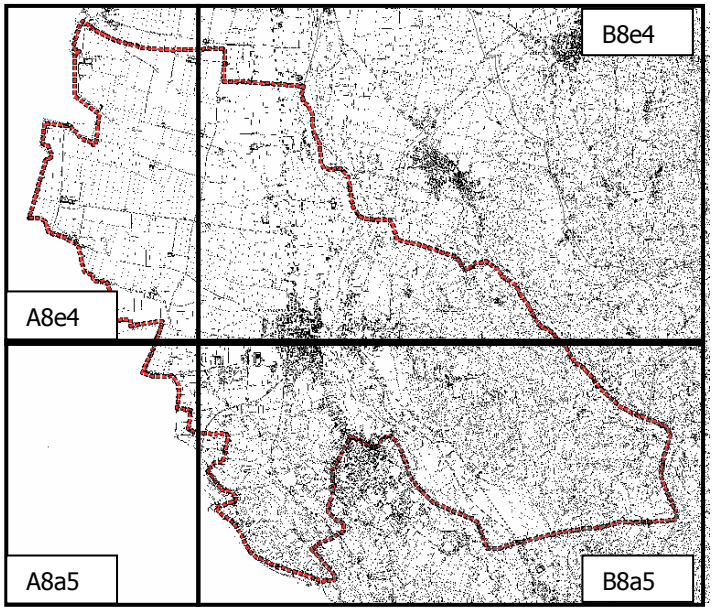


Figura 2.3: Limiti amministrativi dell'area in esame

Dal punto di vista altimetrico il Comune di Rivanazzano Terme può essere suddiviso in tre fasce altimetriche, che derivano dalla morfologia terrazzata, prodotta dall'erosione del Fiume Staffora. L'altezza media è di 153 m s.l.m., l'altezza minima è di 109 m s.l.m. e quella massima di 526 m s.l.m..

Il comprensorio comunale si estende su una superficie di 29,04 km^2, lungo le sponde del Torrente Staffora.

All'interno del territorio comunale sorgono diversi nuclei abitativi, ben distinti fra loro e collegati dalla strada statale SS461 e che attraversa interamente il comune da sud-est a nord-sud e dalla strada provinciale SP1 che collega Rivanazzano Terme con i comuni di Retorbido e Codevilla.

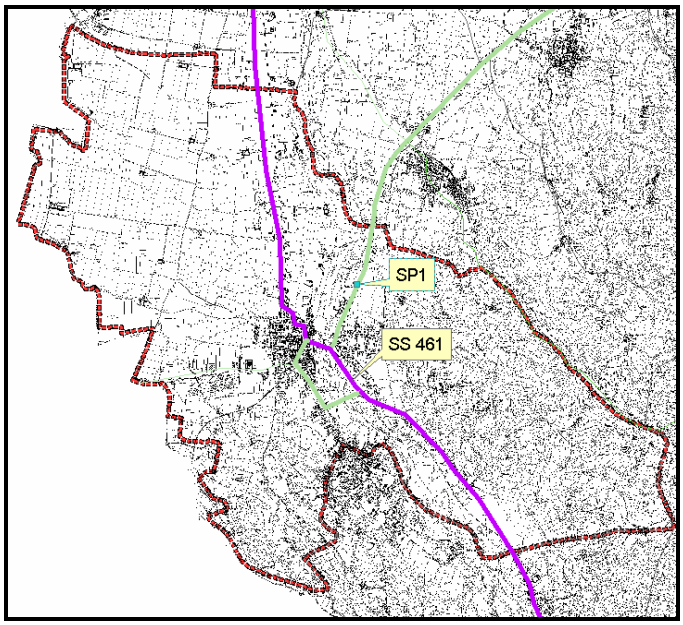


Figura 2.4: Viabilità nel territorio comunale

L'abitato di Rivanazzano Terme è situato circa nella zona centrale del comprensorio comunale, mentre le altre frazioni come Nazzano, Cascinetta, Chioda e Salice Terme sono ubicate nella porzione sud-est mentre Spessa, Case Nuove, Bidella, C.na Peregalla e Valghiaia sono ubicati nella porzione nord-ovest.

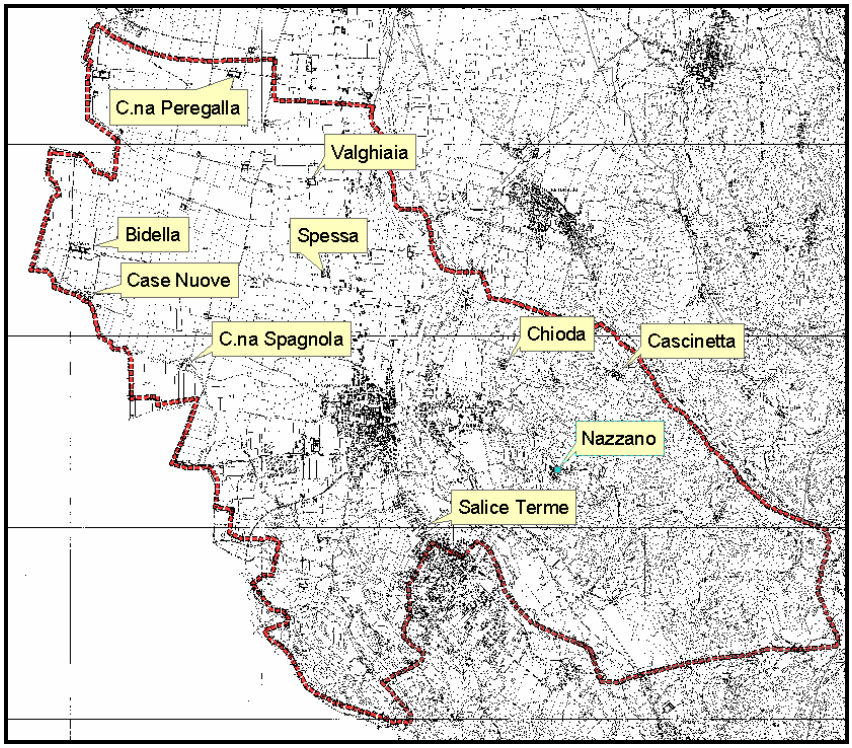


Figura 2.5: Nuclei abitati nel territorio comunale

La maggior parte del territorio è destinata all'attività agricola, in particolare alla coltivazione del seminativi semplici mentre la restante parte è destinata ai vigneti, frutteti, boschi di latifoglie, boschi misti di conifere e latifoglie, prati stabili.

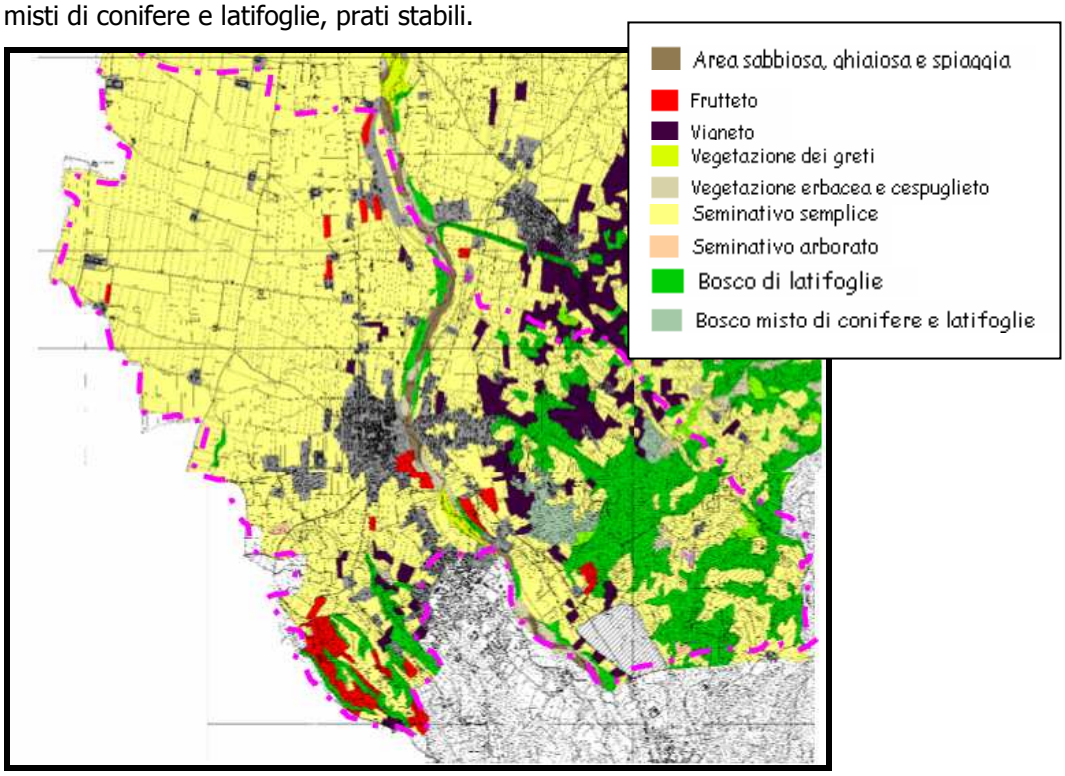


Figura 2.6: Uso del suolo nel territorio comunale
(Reg. Lombardia, Carte Ambientali della Pianura, dicembre 2000)

2.1. Caratteristiche stratigrafiche del territorio desunte da indagini geognostiche

Il territorio di Rivanazzano Terme nella parte settentrionale, compreso il capoluogo, si sviluppa sui depositi alluvionali di conoide in sponda destra del T.Staffora con quote da circa 160 a 120 m s.l.m. da sud a nord.

Il territorio di Rivanazzano Terme si sviluppa inoltre sui pianali terrazzati a ovest di Salice Terme e nella zona collinare tra Nazzano e Gomo.

In linea di massima il territorio può essere diviso in due ambiti principali:

- versanti caratterizzati dalla presenza di coltri argilloso detritiche a copertura della formazione in posto;
- fondovalle modellato nelle alluvioni ghiaiose del torrente Staffora e nei depositi di conoide degli affluenti laterali.

- **Versanti caratterizzati dalla presenza di coltri argilloso detritiche a copertura della formazione in posto**

I prodotti del disfacimento e rimaneggiamento delle formazioni del substrato sono costituiti da limi argillosi e argille, inglobanti una frazione detritica più o meno importante. Il substrato dei versanti è per la maggior parte dei casi rappresentato da formazioni marnose poste a poca profondità da piano campagna.

Le prove penetrometriche reperite, sono, per la quasi totalità, di tipo dinamico a conferma del soddisfacente grado di consistenza dei terreni; le prove penetrometriche statiche, sono state esclusivamente eseguite nella zona di raccordo pendio-fondovalle ed hanno, salvo rari casi, raggiunto limitate profondità di investigazione.

Prova	**Ubicazione**	**Profondità** (m)	**Quota** (m. s.l.m.)
SCPT 3	Rivanazzano	5,70	160
SCPT 4	Rivanazzano – Via S.Giuseppe	7,20	165
CPT 5	Rivanazzano – Via S.Giuseppe	4,20	165
SCPT 6	Rivanazzano – Nazzano	5,40	200
SCPT 7	Rivanazzano	9,00	290
SCPT 8	Rivanazzano – S.da Mulattieri	9,30	170
SCPT 12	Rivanazzano	9,30	177
CPT 13	Rivanazzano	8,60	180
SCPT 14	Rivanazzano – Via Perosi	4,50	160
CPT 15	Rivanazzano – Via Perosi	4,20	180
SCPT 16	Rivanazzano – Strada Tevere	9,00	210

La maggior parte dei dissesti idrogeologici è concentrata nei settori collinari impostati sulle formazioni geologiche del Complesso Caotico, delle Marne di Monte Lumello e delle Marne di S. Agata Fossili ed in particolare interessano il versante orografico sinistro del T. Rile; la zona circostante l'abitato di Cascinetta; il settore a sud dell'abitato di Cadezzano e la zona ad ovest dell'abitato di Gomo.

- **Fondovalle modellato nelle alluvioni ghiaiose del torrente Staffora e nei depositi di conoide degli affluenti laterali**

Le prove penetrometriche reperite da analisi storica e la cui ubicazione è riportata in Tav. indicano la presenza della alluvioni recenti ed antiche a ridotta profondità da piano campagna.

Prova	**Ubicazione**	**Profondità** (m)	**Quota** (m. s.l.m.)
SCPT 1	Rivanazzano – Via F. Baracca	4,50	130
SCPT 2	Rivanazzano – Via Puccini	7,20	150
SCPT 9	Rivanazzano – Via Marconi	4,20	160
SCPT 10	Rivanazzano – Via Marconi	2,10	150
SCPT 11	Rivanazzano	7,20	165
SCPT 17	Rivanazzano	3,00	160
SCPT 18	Rivanazzano – Via Colombo	2,40	155
SCPT 19	Rivanazzano	3,20	160
SCPT 20	Rivanazzano – Via Pavesi	4,50	160
SCPT 21	Rivanazzano – C.so Repubblica	6,90	155
SCPT 22	Rivanazzano – Ex Albergo Grande	5,70	150
SCPT 23	Rivanazzano – Terme di Rivanazzano	6,60	150

I depositi si presentano in genere poco gradati con composizione granulometrica nel campo delle ghiaie miste a ciottoli – blocchi ed a una frazione fine variabile.

Sui ripiani recenti è presente quasi ovunque uno strato di copertura limoso argilloso normalmente consolidato o lievemente preconsolidato per essiccamento con spessore da 0,5 a 2,5 metri circa.

La resistenza dei depositi alluvionali è influenzata dall'eterogeneità granulometrica e dall'oscillazione della falda acquifera (soggiacenza variabile) ma è comunque mediamente elevata.
In relazione alla suddetta eterogeneità granulometrica sono improbabili o comunque di limitata azione i fenomeni di "liquefazione" sotto l'azione dinamica di un eventuale sisma.

E' opportuno raccomandare che qualunque intervento sul territorio debba essere eseguito nel rispetto del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche delle Costruzioni" e le indicazioni date in questa sede hanno valore puramente orientativo e non devono essere utilizzate in alternativa alle disposizioni del già citato decreto.

3. DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA

3.1. La zonazione sismogenetica del territorio italiano

Gli eventi sismici che si verificano nel territorio italiano sono dovuti a movimenti strutturali/cinematici della penisola e delle aree circostanti, che generano strutture profonde e superficiali, responsabili dei terremoti.

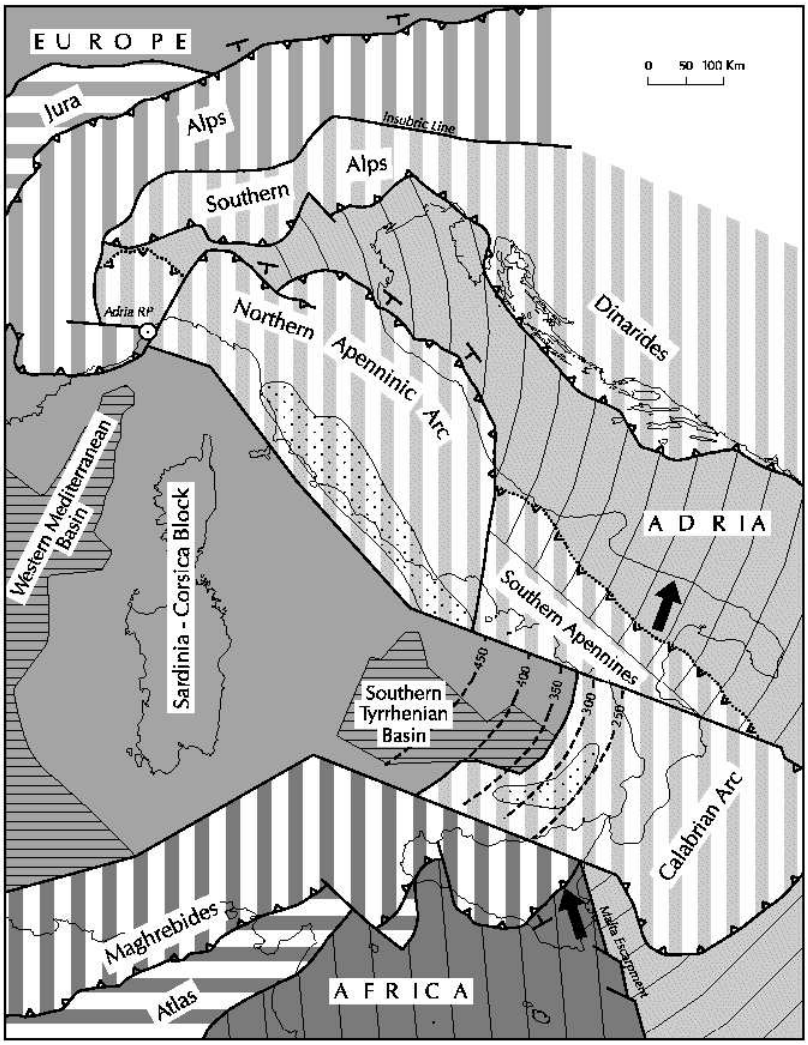


Fig. 3.1: schema strutturale/cinematico dell'Italia e aree circostanti, mostrante la traccia degli slip-vettori della rotazione della placca africana rispetto a quella europea e della microplacca adriatica rispetto all'Europa (da Meletti et al., 2000a)

Allo stato attuale la **zonazione sismotettonica** è il frutto di una modellazione cinematica delle principali unità tettoniche attive nei tempi più recenti (Scandone et al., 1990) che arriva a individuare zone omogenee sotto il profilo del comportamento geodinamico e dei meccanismi di rottura.

3.2. Classificazione sismica del territorio nazionale

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 viene fornita una nuova zonizzazione sismica in sostituzione di quella del D.M. 5 Marzo 1984. L'OPCM 3274 fornisce anche le normative tecniche da utilizzare per le costruzioni nelle zone sismiche.

La nuova classificazione è articolata in 4 zone, di cui le prime tre corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), secondo gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, mentre la zona 4, di nuova introduzione, consente alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

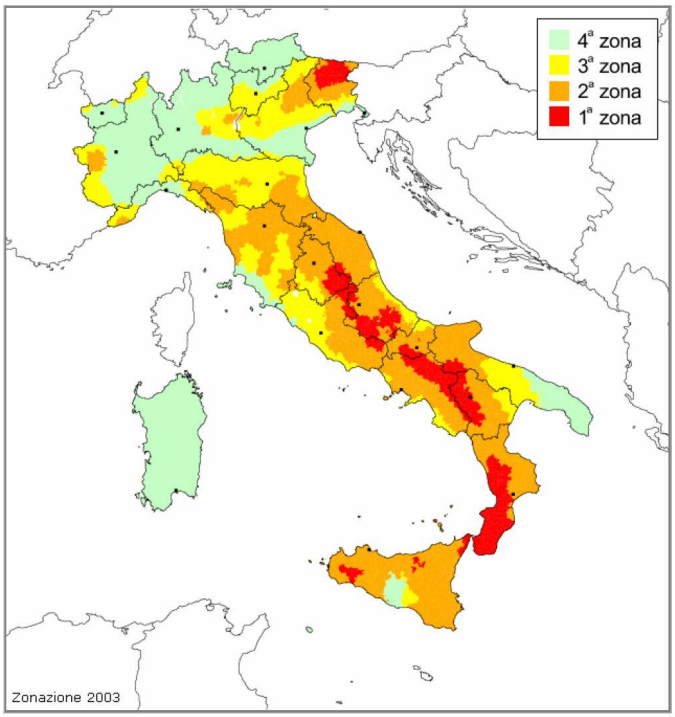


Fig. 3.2: zonazione sismica del territorio italiano

I suddetti Criteri prevedono che in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche siano individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale", elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997; alcune precisazioni fanno si che i Comuni già classificati prima dell'ordinanza non possano essere assegnati ad una zona di pericolosità inferiore.

Lo scopo di tale Ordinanza è quello di elaborare una nuova mappa nazionale di riferimento, espressa in termini di accelerazione orizzontale di picco al suolo.

Tale mappa sarà la base per gli aggiornamenti degli elenchi delle zone sismiche attuati dalle Regioni.

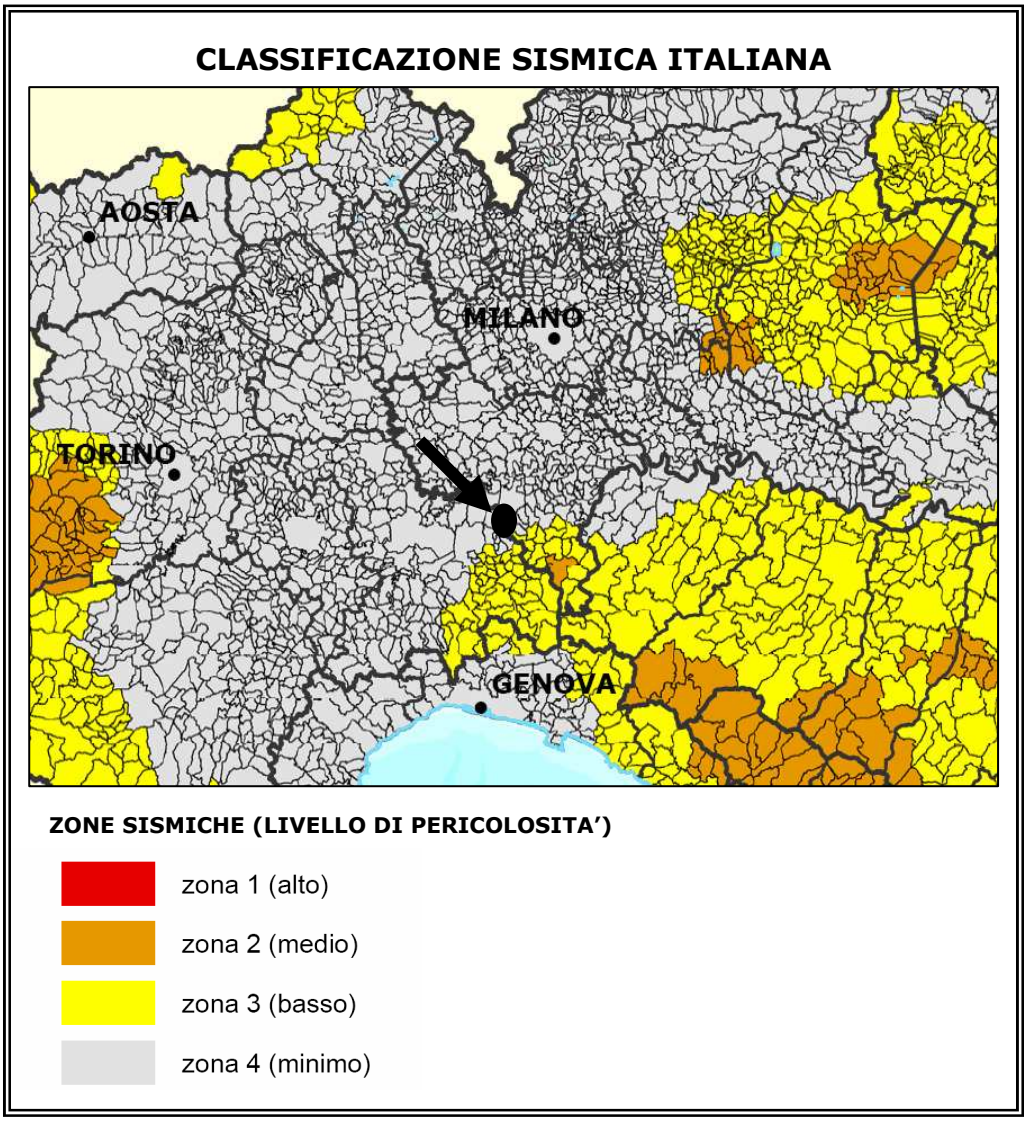


Fig. 3.3: Zonazione sismica del territorio italiano – fonte Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – 2003

Ai sensi dell'ordinanza n. 3274 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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*" e successive integrazioni il territorio comunale di **Rivanazzano Terme** è inserito in **zona 4**.

3.3. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche

Il Testo delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, entrato in vigore il 01 luglio 2009) contiene elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La **"pericolosità sismica di base",** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; essa viene definita come la probabilità che in un dato luogo e in un dato momento si verifichi un evento sismico dannoso a cose o persone.

La Pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto (velocità o/e accelerazione, intensità, ordinate spettrali) in condizioni di sottosuolo rigido e senza irregolarità morfologiche (bedrock sismico affiorante), corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. La scala di studio è solitamente regionale (centinaia di km).

La finalità di questi studi è la classificazione sismica a larga scala del territorio finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e pianificazione dell'emergenza. Costituisce la base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Viene definita invece **"pericolosità sismica locale"** la componente del rischio sismico dovuta alle caratteristiche locali (geologiche e morfologiche). Lo studio della pericolosità sismica locale è svolto a scala di dettaglio, partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) ed analizzando i caratteri geologici, geomorfologici e geologico-tecnici del sito; questo permette di definire gli effetti legati al comportamento del terreno in caso di evento sismico, rappresentati dalle amplificazioni locali e dai fenomeni di instabilità e conseguenti alla presenza di particolari condizioni geologiche e morfologiche locali.

Gli studi effettuati da gruppi di ricerca (INGV, 2004) hanno permesso di elaborare una "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" (vedi Fig. 3.4 e Fig. 3.5), espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}), riferita a suoli molto rigidi (V_{s30} > 800 m/s), che rappresenta la probabilità che si verifichi un sisma con tempi di ritorno Tr=475 anni.

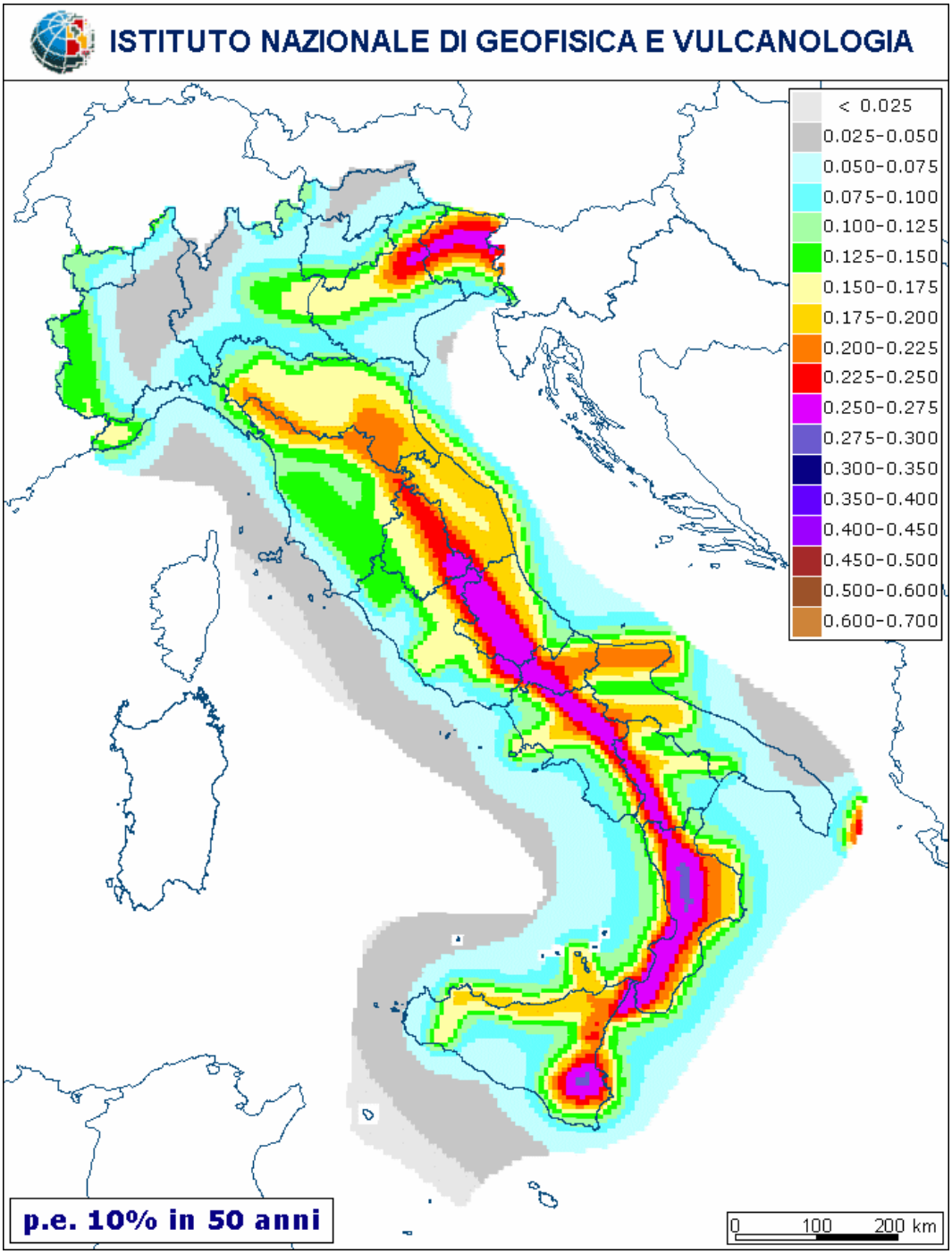


Fig. 3.4: mappa di Pericolosità sismica del Territorio nazionale *(Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)*

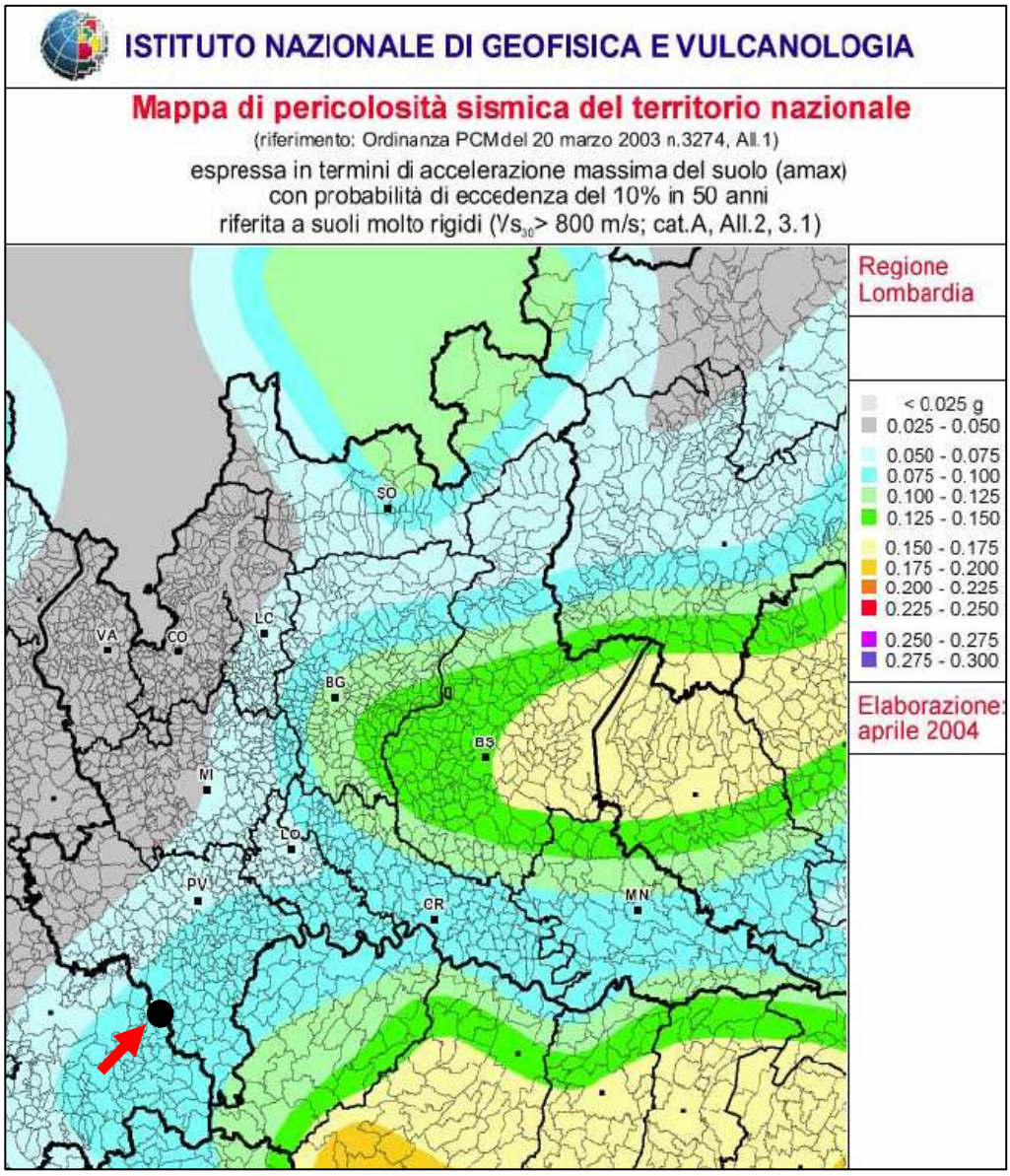


Fig. 3.5: mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale – Regione Lombardia

Dall'osservazione della mappa emerge che la provincia di Pavia è caratterizzata da valori di amax mediamente bassi (0.025g<amax<1.125g) ed i valori maggiori di amax (1.125g) si registrano nella zona nord-appenninica (Valle Staffora); il Comune di Rivanazzano Terme presenta valori compresi fra 0.050<amax<0.100.

La Fig. 3.6 rappresenta la mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani: si osserva che nel pavese sono state registrate intensità elevate principalmente a sud del Fiume Po, in Valle Staffora (Imax=8), ma anche in corrispondenza del comune di Pavia (Imax=7).

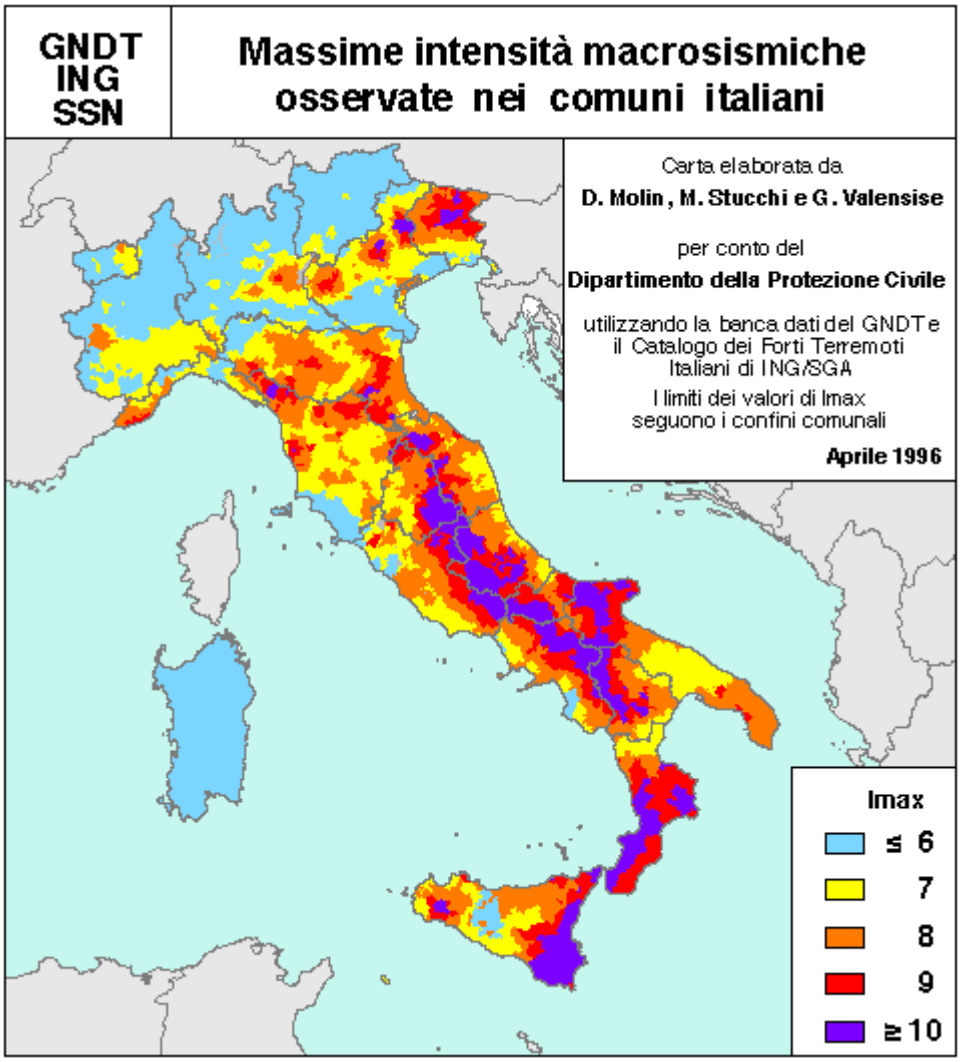


Fig. 3.6: massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani

Dal sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) è stato possibile estrapolare i dati relativi agli eventi sismici storici che hanno interessato il Pavese ed è emerso che nell'anno 1759 ci fu un terremoto che colpì la città di Pavia ed i suoi dintorni.

Le serie registrate in Valle Staffora, evidenziate in Tabella 1, sono solo alcune di quelle che ancora oggi interessano l'Oltrepo Pavese.

Storia sismica di Pavia									
Is	**Anno**	**Me**	**Gi**	**Or**	**Mi**	**Se**	**AE**	**Io**	**Mw**
6	1759	05	26	01	30		PAVIA	6	4.83
6	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	8	5.67
6	1828	10	09	02	20		Valle dello Staffora	7-8	5.67
6	1951	05	15	22	54		Lodigiano	6-7	5.24
D	1117	01	03	13			Veronese	9-10	6.49
5	1901	10	30	14	49	58	Salo'	8	5.67
5	1913	12	07	01	28		Novi Ligure	5	4.72
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6.48
4-5	1695	02	25	05	30		Asolano	9-10	6.61
4-5	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6.29
4-5	1945	06	29	15	37	13	Valle dello Staffora	7-8	5.15
LEGENDA									
Is = intensità al sito (MCS)									
Io = intensità epicentrale (MCS)									
Mw = magnitudo momento									

Tabella 1: eventi sismici storici del pavese (Catalogo CPTI04 – INGV)

3.4. Normativa Regionale

L' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8-5-2003 Supp. Ordinario n. 72) individua in prima applicazione le zone sismiche nelle quali è suddiviso il territorio nazionale, e le normative tecniche da adottare per le costruzioni in tali aree.

L'ordinanza è nata dalla necessità di dare una risposta integrata alle esigenze poste dal rischio sismico a seguito del ripetersi di eventi calamitosi che hanno interessato anche zone non classificate sismiche.

L'ordinanza è intervenuta direttamente sull'aggiornamento della pericolosità sismica "ufficiale", ossia sulla classificazione sismica e sugli strumenti per progettare e costruire, ossia sulle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema di Tabella 2:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]
1	> 0,25
2	0,15 - 0,25
3	0,05 – 0,15
4	< 0,05

Tabella 2 : zone sismiche

La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 7/14964 del 07.11.2003, ha emanato disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza P.C.M., recependo in via transitoria e sino a nuova determinazione, l'elenco delle zone sismiche in Lombardia.

Si dispone inoltre che le norme tecniche di cui all'Ordinanza si applichino nei comuni ricadenti in ***Zona sismica 4*** obbligatoriamente agli *edifici strategici ed opere infrastrutturali rilevanti* la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini della protezione civile e per gli edifici e per le opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

Tali edifici ed opere, tipologicamente individuati con D.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003 sono di seguito brevemente elencati (per completezza, si veda l'elenco completo riportato nel sopracitato provvedimento):

◈ **edifici ed opere strategiche**

- edifici destinati a sedi dell'Amm. regionale, dell'Amm. provinciale, di Amm. comunali e di Comunità montane;
- sedi di sale operative per la gestione delle emergenze non di competenza statale (COM, COC); centri funzionali di protezione civile;
- edifici ed opere individuate nei piani di emergenza;
- ospedali e strutture sanitarie; sedi Az. Unità Sanitarie Locali; centrali operative 118, edifici ed opere rilevanti ;
- asili nido e scuole; strutture ricreative, sportive e culturali; locali di spettacolo ed intrattenimento
- edifici aperti al culto;
- strutture sanitarie e socio-assistenziali per non autosufficienti;
- edifici/strutture aperte al pubblico per erogazione di servizi, adibiti al commercio, suscettibili di grane affollamento.

◈ **opere infrastrutturali**

- punti sensibili (ponti, gallerie, strade, ferrovie) situati lungo arterie strategiche provinciali o comunali e quelle considerate strategiche nei Piani di emergenza Provinciali e Comunali;
- stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale;
- porti, aeroporti ed eliporti (non di competenza statale) indicati nei Piani di emergenza;
- strutture connesse con produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica e di materiali combustibili (non di competenza statale);
- strutture connesse con il funzionamento degli acquedotti locali e con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e mobile);
- strutture industriali di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri o pericolosi;
- opere di ritenuta di competenza regionale.

3.5. Caratterizzazione del sito dal punto di vista sismico

Per la classificazione del sito è necessario conoscere le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata, utilizzando prove penetrometriche dinamiche (SPT o SCPT) o statiche (CPT) o attraverso la sismica a rifrazione.

In particolare devono essere noti:

- ⇨ il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il bedrock o il bedrock-like,intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (bedrock) o uno strato sciolto (bedrocklike) con velocità delle onde S nettamente maggiore dei livelli superiori, generalmente con valori oltre i 500-700 m/s;
- ⇨ la velocità delle onde S negli strati di copertura

3.5.1 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g	accelerazione orizzontale massima al sito
F_0	valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T^*_C	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto nell'OPCM 3274 e nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni vengono definite le seguenti categorie di suolo di fondazione:

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

Tabella 3: categoria del suolo

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione dell'azione sismica:

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

Tabella 4: categoria del suolo

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

I suoli di fondazione sono suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E) più due speciali (S1 e S2), in base alle loro caratteristiche stratigrafiche ed alla velocità media delle onde sismiche di taglio (trasversali) entro 30 metri di profondità, ovvero alle Vs_{30}:

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

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo

Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

Secondo quanto indicato dal D.M. "*Nel caso di sottosuoli di terreni a grana grossa e a grana fine, distribuiti con spessori confrontabili nei primi trenta metri di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E , quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:*

- determinare $N_{SPT,30}$ limitatamente agli stati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità
- determinare $C_{u,30}$ limitatamente agli stati di terreno a grana fine compresi entro i primi 30 m di profondità
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri N_{SPT30} e Cu_{30}
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate

3.6. Risposta sismica locale

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.

Tra le prime analisi da eseguire per la valutazione della Pericolosità sismica locale riveste un ruolo primario l'identificazione delle categorie di terreno che caratterizzano una determinata area e della ricostruzione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo.
Successivamente, in funzione delle caratteristiche del sottosuolo si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di sito (amplificazione sismica locale) e quelli dovuti ad instabilità.
Gli effetti di sito interessano tutti quei terreni che mostrano dei comportamenti stabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche previste. Questi effetti si riferiscono alle modificazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un "terremoto di riferimento" può subire durante l'attraversamento dell'intervallo tra il bedrock ed il piano campagna, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di sito si possono suddividere in:

• **Effetti di amplificazione topografica**

Si manifestano in presenza di superfici topografiche più o meno articolate che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi.

• **Effetti di amplificazione litologica**

Tali effetti sono funzione delle variazioni litologiche locali e delle relativa differente risposta sismica all'evento di riferimento.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (o potenzialmente tale) nei confronti dell'azione di un sisma. Rientrano in tale categoria: i versanti in equilibrio precario soggetti al rischio di riattivazione e di neoformazione di fenomeni morfogenetici (frane), le aree interessate da strutture geologiche significative (faglie, contatti stratigrafici) e le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche e geomeccaniche scadenti.

3.7. Analisi della sismicità locale

Nell'ambito delle competenze in materia sismica trasferite dallo Stato alle Regioni a seguito del D.lgs 112/98 e in relazione alla normativa urbanistica regionale riguardante il Governo del Territorio (LR 12/05), la Regione Lombardia ha emanato, con DGR n.8/1566 del 22/12/2005, i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio", aggiornati con DGR n. 8/7374 del 28/05/2008. L'allegato 5 riporta la procedura da seguire per la valutazione della componente sismica territoriale da applicarsi in fase di pianificazione. Tale procedura è stata messa a punto nel corso degli anni 2004-2005 ed è in totale accordo con le linee guida contenute nel documento "Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica" del 2008, ed in un certo senso ne anticipa alcuni aspetti: in particolare essa è strutturata in 3 livelli di approfondimento.

La nuova metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona di appartenenza del comune, dell'opera in progetto e delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area.

I livelli di approfondimento sono di seguito definiti:

- **1° Livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) sia dei dati esistenti. Questo livello d'indagine prevede la realizzazione della Carta della pericolosità sismica locale;
- **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 Fattore di Amplificazione (Fa);
- **3° Livello:** definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite.

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	*Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili*	- *Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;* - *Nelle zone PSL Z1e Z2.*
Zona sismica 4	obbligatorio	*Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)*	- *Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;* - *Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.*

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tabella 5 – Pericolosità sismica locale

3.7.1. Analisi 1° livello

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio la cartografia geologica e dei dissesti ed i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Il prodotto finale è la carta della pericolosità sismica locale (PSL), in cui viene riportata la perimetrazione areale degli scenari Z1a, Z1b, Z1c, Z3a, Z3b, Z4a, Z4b e Z4d (Tabella 6); tale livello si applica in fase di pianificazione su tutto il territorio comunale ed è obbligatorio in tutti i comuni della Regione Lombardia.

Si riportano di seguito gli scenari di pericolosità sismica locale tratti dalla L.R. 12/2005:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
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, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite -arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura 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

Tabella 6 : scenari di pericolosità sismica locale - effetti

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
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, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	*H2 – livello di approfondimento 3°*
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	*H2 – livello di approfondimento 2°*
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite -arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura 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°*

Tabella 7: scenari di pericolosità sismica locale – classe di pericolosità sismica

Nel caso del comune di Rivanazzano Terme le caratteristiche geologiche, morfologiche ed idrogeologiche hanno portato all'individuazione delle zone:

Z1a caratterizzata da movimenti franosi attivi

Z1b caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Z1c potenzialmente franosa o esposta a rischio frana (movimenti franosi stabilizzati)

Z3a zona di ciglio H>10 m (scarpata, orlo di terrazzo)

Z3b zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo appuntita

Z4a zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

Z4b : zona di conoide alluvionale

Z4d : zona con presenza di coperture eluvio colluviali

3.7.2. Analisi 2° livello

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (litologiche Z4 e topografiche Z3) 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. Obiettivo di tale approfondimento è l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici (utilizzazione o meno dei parametri dello spettro elastico previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica di appartenenza).
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*).
In particolare il 2° livello permette di valutare il grado di protezione fornito dalla normativa nazionale attraverso il confronto diretto tra i valori del fattore di amplificazione Fa determinato dalla procedura e:

- i valori di S_T (fattore topografico), definiti dalle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni topografiche
- i valori di soglia comunale, definiti sulla base degli spettri sito-dipendente delle NTC-2008, per quanto riguarda le amplificazioni litologiche

I valori di soglia comunale sono raccolti in una specifica banca dati regionale e sono forniti per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: tali valori rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente, in termini energetici, a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.
I due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di *Fa* sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; 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.

Di seguito si riportano i valori di Fa forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale di Rivanazzano Terme.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 – 0.5 s					
Comune	**Zona sismica**	**Suolo tipo B**	**Suolo tipo C**	**Suolo tipo D**	**Suolo tipo E**
Rivanazzano Terme	4	1.5	1.9	2.3	2.0

Tabella 8: valori di soglia per T compreso fra 0.1 e 0.5

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 – 1.5 s					
Comune	**Zona sismica**	**Suolo tipo B**	**Suolo tipo C**	**Suolo tipo D**	**Suolo tipo E**
Rivanazzano Terme	4	1.7	2.4	4.3	3.1

Tabella 9: valori di soglia per T compreso fra 0.5 e 1.5

La normativa regionale prevede che la conoscenza degli spessori e delle Vs possa essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, che sia in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile, in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte superficiale. In particolare per l'analisi del fattore di amplificazione (Fa) sito-specifico si è fatto riferimento ai criteri contenuti nell'allegato 5 e nei suoi aggiornamenti, di seguito riepilogati:

- la scelta della curva di correlazione T/Fa all'interno della scheda di valutazione avviene tramite individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale: il valore di Vs riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo (es: per un valore di Vs dello strato superficiale ottenuto dall'indagine pari a 230 m/s è stato scelto il valore 250 m/s nella matrice della scheda di valutazione);
- in presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà, in questa prima fase, utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione;
- in mancanza del raggiungimento del bedrock (Vs ≥ 800 m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;

- nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà *quello più sfavorevole.*

Per quanto riguarda la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, da utilizzare nella procedura di 2° livello si è fatto riferimento alla tabella sotto riportata, estratta dall'allegato 5 della DGR n. 8/1566 del 22/12/2005 e DGR n. 8/7374 del 28/05/2008.

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 10 : Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Qualora il *Fa* sia superiore ai valori di soglia si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C
- nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro di categoria D
- anziché lo spettro di categoria del suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D
- anziché lo spettro di categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E

3.7.3. Analisi 3° livello

Il 3° livello *si applica* in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un ***valore di Fa superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello***.

Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

3.8. SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE NEL TERRITORIO COMUNALE

L'analisi della pericolosità sismica all'interno del territorio comunale di Rivanazzano Terme si basa sulle osservazioni di carattere geologico e sulla raccolta di dati disponibili, quali:

- assetto geologico e geolitologico
- elaborazioni di indagini geognostiche e geotecniche
- analisi delle condizioni stratigrafiche generali
- situazione idrogeologica
- caratteristiche di consistenza e proprietà geotecniche dei terreni nelle condizioni naturali

All'interno del territorio comunale di Rivanazzano Terme sono stati riconosciuti 8 SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, di cui si riportano le caratteristiche:

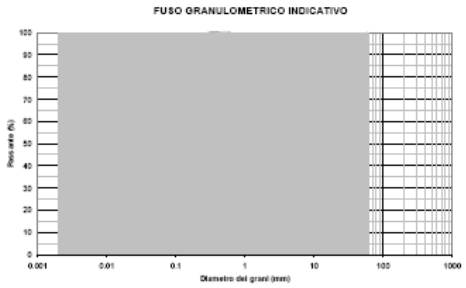
Sigla	Scenario di Pericolosità Sismica Locale	Effetti	Classe di Pericolosità Sismica locale	Ambito territoriale
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	H3 – H4	In prossimità dell'abitato di Buscofà; a S-E dell'abitato di Chiericoni e a W dell'abitato di Gomo
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	Instabilità	H2–livello di approfondimento 3°	In prossimità dell'abitato di Buscofà, a W di Gomo, in prossimità dell'abitato di Cascinetta, a N di Chioda
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana (movimenti franosi stabilizzati)	Instabilità	H2–livello di approfondimento 3°	L'area di territorio comunale in sponda destra che comprende i versanti degli abitati di Nazzano, Buscofà, Chioda, Gomo
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata, orlo di terrazzo)	Amplificazioni topografiche	H2–livello di approfondimento 2°	Pianalti terrazzati a ovest-ovest di Salice Terme
Z3b	Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni topografiche	H2–livello di approfondimento 2°	In particolare sono stati evidenziati i rilievi di Monte S. Ambrogio (525,1 m) e Il Monte (506 m) e quello dove sorge l'abitato di Nazzano
Z4a	Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2–livello di approfondimento 2°	Depositi fluviali e fluvio-glaciali della pianura fino al limite comunale di Voghera
Z4b	Zona di conoide alluvionale	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2–livello di approfondimento 2°	In corrispondenza delle conoide di alcuni corsi d'acqua a carattere torrentizio sul versante destro del bacino idrografico del T. Staffora
Z4d	Zone con presenze di coperture eluvio colluviali	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2–livello di approfondimento 2°	Pianalti terrazzati a ovest-ovest di Salice Terme in prossimità del confine con la provincia di Alessandria

Tabella 11: scenari di pericolosità sismica locale nel comune di Rivanazzano Terme

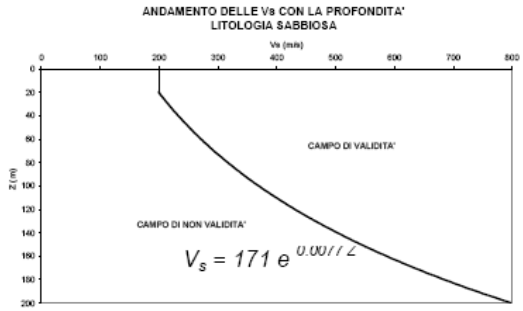
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

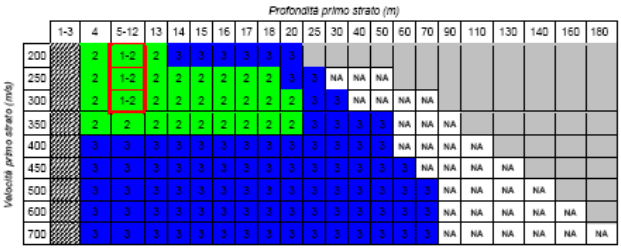
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie



NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con D_{max} > 20 cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

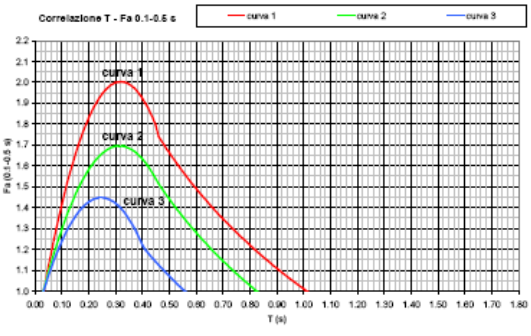


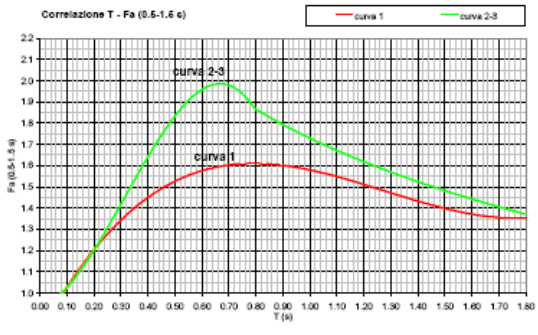


ove
la sigla NA indica *Fa* = 1

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s

Vs < 300 m/s (0 - 5 - 12 m)
Vs > 500 m/s





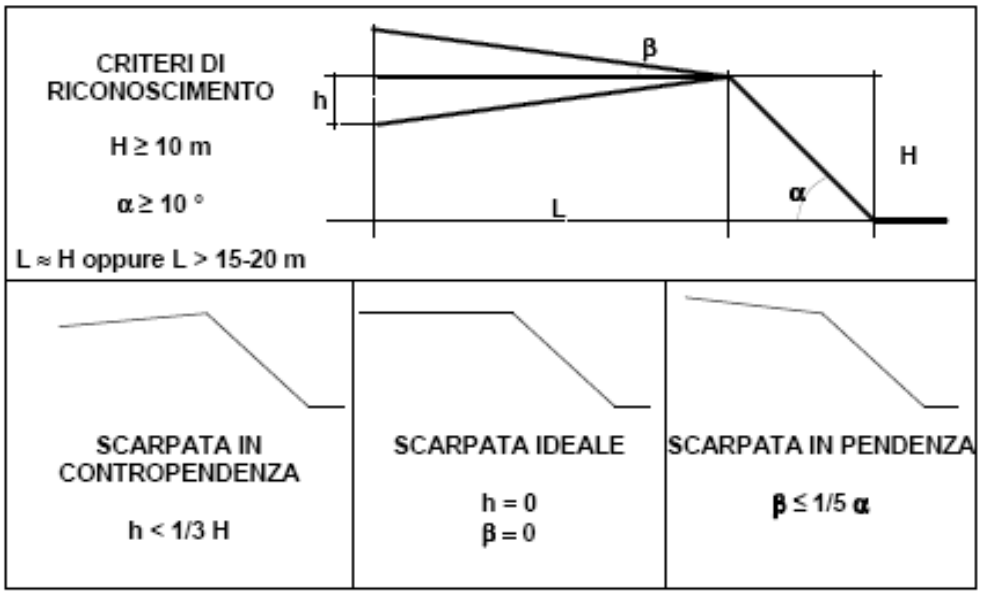
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	0.03 ≤ T ≤ 0.50	0.50 < T ≤ 1.00	T > 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.21\ T^2 + 7.79\ T + 0.76$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	0.03 ≤ T ≤ 0.45	0.45 < T ≤ 0.80	T > 0.80
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.65\ T^2 + 5.44\ T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	0.03 ≤ T ≤ 0.40	0.50 < T ≤ 0.55	T > 0.55
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.68\ T^2 + 4.77\ T + 0.86$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva		
1	0.08 ≤ T ≤ 1.80	
	$Fa_{0.5-1.5} = 0.57\ T^3 - 2.18\ T^2 + 2.38\ T + 0.81$	
2	0.08 ≤ T < 0.80	0.80 ≤ T ≤ 1.80
3	$Fa_{0.5-1.5} = -6.11\ T^3 + 5.79\ T^2 + 0.44\ T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.76 - 0.61\ \ln T$

EFFETTI MORFOLOGICI

Nella tabella seguente sono riportati i valori di amplificazione Fa e la relativa area d'influenza per ciascuna classe altimetrica e classe d'inclinazione.

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di Fa $_{0.1-0.5}$	Area di influenza
10m≤ H ≤ 20 m	**10° ≤ α ≤ 90°**	**1.1**	**A_i = H**
20m≤ H ≤ 40 m	10° ≤ α ≤ 90°	1.2	A_i = 3/4H
H > 40 m	10° ≤ α ≤ 20°	1.1	A_i = 2/3H
	20° ≤ α ≤ 40°	1.2	
	40° ≤ α ≤ 60°	1.3	
	60° ≤ α ≤ 70°	1.2	
	α > 70°	1.1	

4. LIQUEFAZIONE

La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.
La predisposizione a tale fenomeno rappresenta un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.
La liquefazione interessa soprattutto i depositi sabbiosi sciolti, posti sottofalda, che presentano le seguenti caratteristiche:

- Sabbie da fini a medie con contenuti in materiale fine variabile fra 0 e 25%;
- Grado di saturazione pari a 1 (terreni sotto falda);
- Da poco a mediamente addensati;
- Profondità del deposito entro i 15 metri dal piano campagna.
- Valori di Nspt inferiori a 10 nei primi 10 metri di profondità.

La scala della presente indagine non consente l'individuazione cartografica puntuale delle aree suscettibili di liquefazione (anche in chiave di redazione della Carta della pericolosità sismica locale).

Qualora in sede d'indagine preliminare a supporto di progetti di edificazione, si riscontrasse la presenza di una situazione geotecnica e stratigrafica tale da considerare reale la possibilità d'innesco di fenomeni di liquefazione, si dovrà procedere ad un'analisi finalizzata alla valutazione reale del rischio ed all'adozione delle opere di mitigazione eventualmente necessarie.

Di seguito si riportano alcune indicazioni tecnico- metodologiche da utilizzare tratte dal OPCM 3274.

- Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa.
- Nel caso di edifici con fondazioni superficiali, la verifica alla suscettibilità può essere omessa se il terreno saturo sabbioso si trova ad una profondità superiore a 15 metri dal piano campagna.
- Si può trascurare il pericolo di liquefazione quando S ag (azione sismica di progetto) < 0,15g e contemporaneamente l'intervallo sabbioso presente abbia almeno una delle seguenti caratteristiche:

- contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità>10;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza N1(60)>20;
- frazione fine trascurabile e resistenza N1(60)>25.

Dove per N1(60) si intende il valore della resistenza Nspt misurato nella prova Standard Penetration Test, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova.
Quando nessuna delle precedenti condizioni è verificata, la suscettibilità alla liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica.
Se il terreno risulta suscettibile a liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulla capacità portante o sulla stabilità delle fondazioni, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili a liquefazione tramite fondazioni profonde.

Nel territorio comunale di Rivanazzano Terme l'ambiente morfologico più esposto a tale fenomeno è quello di pianura anche se studi puntuali hanno confermato la presenza di depositi granulari addensati e non sciolti e, laddove più fini, l'assenza di falda nei primi 15 metri di suolo.
La zona che richiede una maggior attenzione è in corrispondenza delle zone di rispetto dello staffora lungo le fasce a vulnerabilità idrogeologica molto elevata in relazione alla bassa soggiacenza della falda e alla remote possibilità di lenti sabbiosse più sciolte.

5. GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

5.1. Definizioni

Letteralmente la parola "***geotermia***" significa ***calore dalla terra***, ossia l'energia termica immagazzinata nel sottosuolo del nostro pianeta e che nella crosta terrestre aumenta in maniera proporzionale man mano che si scende in profondità. Si tratta di una fonte di energia inesauribile, costantemente disponibile e soprattutto "**rinnovabile"**. Per non confonderla con la geotermia classica (quella dei sottosuoli caldi utilizzati per riscaldamento diretto o per la produzione di corrente elettrica), la geotermia utilizzata per la climatizzazione viene definita ***"geotermia a bassa entalpia"***.

A pochi metri di profondità dalla superficie terrestre il sottosuolo mantiene una temperatura in prima approssimazione costante per tutto l'anno; questa è una caratteristica comune a qualsiasi località del Pianeta, fortemente correlata all'azione della radiazione solare sulla crosta terrestre, che la trattiene e immagazzina sotto forma di energia pulita e rinnovabile. Questo ci permette di estrarre calore d'inverno, per riscaldare e cedere calore durante l'estate per rinfrescare.

Il terreno superficiale è quindi una sorta di enorme pila ricaricata dal Sole.

Sfruttando questo principio, lo scambio di calore viene realizzato con pompe di calore abbinate a sonde geotermiche, che permettono di riscaldare e rinfrescare gli edifici con un unico impianto e assicurano un alto grado di rendimento sull'arco dell'intera stagione, con un fabbisogno di energia elettrica contenuto rispetto alle prestazioni.

5.2. Tipologie di impianti

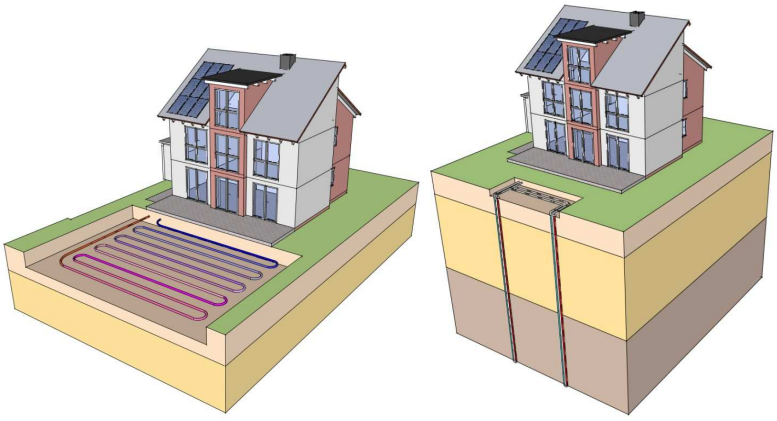
5.2.1. Impianti geotermici "*a circuito chiuso*" e impianti geotermici "*a circuito aperto*"

I circuiti chiusi sfruttano indirettamente il calore contenuto nel terreno o nei corpi idrici tramite uno scambio con un fluido termoconvettore circolante in tubi (sonde).

I principali sistemi a circuito chiuso sono costituiti da:

- **sonde verticali**
- **sonde orizzontali**
- **geostrutture**

Un impianto geotermico è costituito da sonde geotermiche verticali, da pompe di calore e da serbatoi di accumulo. Il tipo di sottosuolo gioca un ruolo importante e la conoscenza delle sue caratteristiche termiche e idrogeologiche è determinante per il corretto dimensionamento dell'impianto: non tutti i tipi di rocce e di terreni dimostrano lo stesso rendimento termico. In prima approssimazione si può considerare che le sonde geotermiche estraggono una quantità specifica per ogni metro di lunghezza: più alta è la conducibilità termica del sottosuolo, più alta è la quantità estratta.



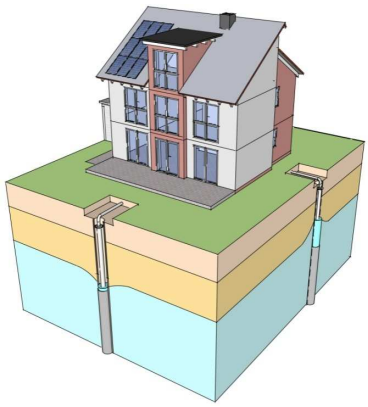
SONDE ORIZZONTALI ***SONDE VERTICALI***

5.2.2. Impianti geotermici "*a circuito aperto*"

I circuiti aperti, sono costituiti dai sistemi che sfruttano direttamente l'acqua sotterranea o di superficie per lo scambio termico con pompa di calore.

I principali sistemi a circuito aperto sono costituiti da:

- **Estrazione/immissione con pozzi in falda**
- **Estrazione da pozzi ed immissione in colatori superficiali**
- **Estrazione/immissione in lago**



POZZI D'ACQUA

A differenza degli impianti a sonde geotermiche verticali, in cui non c'è alcun utilizzo di acque di falda (qualora intercettate), gli impianti geotermici acqua/acqua o a circuito aperto (open loop) prelevano acqua direttamente da un pozzo, o da un altro idoneo corpo idrico. L'acqua viene avviata alla pompa di calore, che scambia calore con quest' ultima e quindi viene restituita alla sorgente, in un pozzo a valle della direzione di falda. In questo caso la perfetta conoscenza del sottosuolo e della sua idrogeologia diventa determinante. La restituzione di acque a monte del livello di falda, potrebbe compromettere in maniera significativa il funzionamento di questo tipo di impianti. Se il fenomeno della saturazione termica, potrebbe manifestarsi in impianti geotermici a sonde geotermiche a circuito chiuso non correttamente dimensionati, questo è assolutamente escluso per impianti geotermici a circuito aperto.

5.3. Aspetti ambientali

Gli impianti di climatizzazione geotermici rappresentano una delle tecnologie meno inquinanti e più rispettose dell'ambiente. In questo tipo di impianti si ha la totale assenza di emissioni di CO_2 o di altre sostanze nocive (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri sottili, particolato, PM10, PM2,5, idrocarburi policiclici aromatici cancerogeni, diossine in caso di perdita di efficienza del bruciatore), residui che si depositano nell' ambiente dove si vive o si lavora. Secondo il rapporto EPA, gli impianti geotermici, sono il sistema che ha il più basso valore delle emissioni di CO_2 fra tutte le tecnologie disponibili per la climatizzazione e il più basso impatto ambientale complessivo. Durante l'estate poi, questi impianti non contribuiscono in alcun modo all'inquinamento termico dell'atmosfera, in quanto smaltiscono il calore nel sottosuolo, generando accumulo termico per la stagione invernale successiva.

5.3.1. Sonde geotermiche verticali e impianti ad acqua di falda

Pur offrendo indubbi vantaggi dal punto di vista energetico, se installati senza le dovute cautele, i sistemi a pompe di calore geotermiche possono potenzialmente danneggiare l'integrità qualitativa delle falde idriche sotterrane, sia nella fase di messa in opera che in quella di esercizio.

I **sistemi maggiormente suscettibili** a questo tipo di problematica sono quelli a sonde geotermiche verticali e ad acqua di falda.

◈ **SONDE VERTICALI** : **IMPATTO SULLA FALDA ACQUIFERA**

I **rischi** specifici connessi all'installazione di **sonde verticali** sono:

- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte durante la **terebrazione**, con rischio di contaminazione di una falda da parte dell'altra;

- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte durante la fase di **esercizio**, qualora la sigillatura del foro non venga eseguita correttamente;
- **rilascio del fluido** di circolazione della sonda, in caso di rottura accidentale;
- **effetto barriera** sul deflusso naturale delle acque del sottosuolo nel caso dei campi sonde più grandi

◈ POZZI D'ACQUA – IMPATTO SULLA FALDA ACQUIFERA

Per i sistemi ad acqua di falda i rischi sono particolarmente riferiti al caso in cui si proceda alla reimmissione in falda dell'acqua prelevata:

- **corto-circuitazione tra falde** sovrapposte se non si è proceduto ad adeguata cementazione dei tratti di pozzo in corrispondenza dei livelli meno permeabili;
- **variazione** significative **nell'attività biologica** e microbiologica delle acque sotterranee indotte dalla variazione di temperatura dell'acqua di reimmissione;
- **variazione quali-quantitative delle specie chimiche** disciolte determinate dalla variazione termica;
- **alterazioni nella dinamiche delle falde**, specie a fronte di prelievi non accompagnati da reimmissione nella stessa falda acquifera;
- **subsidenza del sottosuolo** dovuta al prelievo di acqua in falda e eventuale risalita a piano campagna dell'acqua di reimmissione.

5.4. Studi geologici ed idrogeologici

Nella progettazione di sistemi a pompe di calore vanno valutate le caratteristiche **geomorfologiche del sito** ed **idrodinamiche degli acquiferi** in cui vengono installati.

Dal punto di vista idrogeologico, le informazioni da reperire sono la **soggiacenza della falda**, la **conducibilità idraulica**, il **gradiente idraulico** e la **profondità del tetto e letto degli acquiferi**. Tali dati possono essere ricostruiti attraverso la consultazione di stratigrafie di pozzi, sondaggi e di elaborati cartografici consultabili presso gli enti territoriali (Province, Regioni, ARPA).
I documenti di pozzo riportano le informazioni stratigrafiche del sottosuolo, il livello piezometrico statico della falda e lo schema di pozzo con i livelli acquiferi utilizzati per l'emungimento.

6. VINCOLI ESISTENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

Tale carta, redatta in scala 1:10.000, consente di individuare, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico del territorio per una sua immediata lettura e conseguente facile e corretta interpretazione per la progettazione del piano urbanistico.

La carta contiene gli elementi più significativi messi in evidenza durante la fase di analisi.

Sono state per tanto prese in considerazione sia le aree sottoposte a vincolo legislativo che quelle interessate da problemi idrogeologici e geomorfologici reali o potenziali che possono vincolare le future scelte urbanistiche.

Per quanto riguarda i vincoli legislativi sono stati riportati:

Aree di salvaguardia

- Il vincolo delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile individuate con il metodo geometrico (area di tutela assoluta ossia una fascia di raggio 10 m e area di rispetto ossia una fascia di 200 m dal punto di captazione) ai sensi del D.lgs 152/2006.
- Il vincolo delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (pozzo Bidella) individuate con il metodo temporale (zona di rispetto ristretta = isocrona 60 gg; zona di rispetto allargata = 365 gg).
- Fonte minerale di Retorbido e relativa fascia di rispetto con raggio pari a 200 m.
- Sorgenti alimentanti l'acquedotto di Godiasco e relativa fascia di rispetto con raggio pari a 200 m.
- Pozzi acque idrotermali denominate "San Francesco" (a) e pozzi acque minerali salsobromoiodiche denominate "Pozzi Terme" (b) con relativa area di rispetto.
- La fascia di rispetto di 10 m dei corsi d'acqua pubblici e dei corso d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore (D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e D.g.r. d7/13950 del 1/08/2003) valgono le disposizioni previste dal R.D. del 25 luglio 1904 n° 523.

Vincoli di carattere ambientale

- Area sottoposta a Vincolo idrogeologico (ai sensi del R.D. 30/12/1923 n°3267).
- Area sottoposta a Vincolo paesaggistico-ambientale ("Bellezze d'insieme") ai sensi del d.lgs 42/2004 art. 136 comma 1 lettere c) e d).
- La fascia di rispetto del T. Staffora ossia 150 m (ai sensi D.lgs 42/2004 art. 142 comma 1, lettera c); D.G.R. 8/2121/2006).
- Aree idriche vincolate (ai sensi del D. lgs 42/2004, art. 142, comma 1, lettera c).

Aree di concessione per lo sfruttamento delle acque minerali

- Area di concessione delle acque salsobromoiodiche denominata "pozzo Terme" di proprietà Soc. Terme di Rivanazzano s.r.l.

- Area di concessione delle acque solfuree denominata "S. Francesco" di proprietà Soc. Terme di Rivanazzano s.r.l.
- Area di concessione delle acque salsobromoiodiche denominata "Boschetto" di proprietà Soc. Terme Negrini s.p.a.
- Area di concessione delle acque salsobromoiodiche denominata di proprietà Soc. Terme di Salice s.p.a.

7. CARTOGRAFIA DI SINTESI

La carta di sintesi redatta in scala 1 : 5.000 individua le aree a maggiore criticità come evidenziato dai precedenti elaborati.

La carta rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita ad uno specifico fenomeno.

Di seguito sono elencati gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che si possono riscontrare sul territorio di Rivanazzano Terme.

1. ***Aree di salvaguardia***

➢ Aree di salvaguardia dei pozzi ad uso idropotabile (zona di tutela assoluta con raggio 10 m dal punto di captazione e fascia di rispetto con raggio pari a 200 m)

➢ Aree di salvaguardia del pozzo ad uso idropotabile denominato "Bidella"(zona di rispetto ristretta Isocrona 60 gg e zona di rispetto allargata Isocrona 365 gg)

2. ***Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico***

- Area coinvolgibile da fenomeni di esondazione con pericolosità molto elevata
- Area coinvolgibile da fenomeni di esondazione con pericolosità elevata (Tr= 200 anni)
- Area coinvolgibile da fenomeni di esondazione con pericolosità media o moderata (Tr= 500 anni)

3. ***Aree ad elevata vulnerabilità della falda acquifera e zone interessate dalla presenza di centri di pericolo***

- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (bassa soggiacenza della falda acquifera)

4. ***Vincoli di carattere ambientale***

- Area sottoposta a Vincolo idrogeologico (ai sensi dell'art. 1 del R.D. 30/12/1923 n°3267)
- Area sottoposta a vincolo paesaggistico –ambientale ("Bellezze d'insieme")
- Geositi

8. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La Carta della Fattibilità Geologica per le azioni di piano è stata redatta sulla base delle indicazioni contenute nel D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la determinazione della componente geologica ed idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione all'art. 57, comma 1 della L.R. n. 12 del 11 Marzo 2005".

Sulla base degli elementi di criticità e di rischio idrogeologico e geomorfologico, emerse dal presente studio, si è proceduto all'elaborazione della carta di fattibilità geologica delle le azioni di piano in scala 1:5.000 su aerofotogrammetrico, su cui si riporta la suddivisione del territorio comunale in classi di fattibilità geologica, individuate dal punto di vista delle condizioni geologiche, geotecniche ed idrogeologiche, ciascuna definita da proprie limitazioni e destinazioni d'uso ed accompagnata da specifiche norme geologiche di attuazione.

8.1. Criteri di attribuzione delle classi

L'attribuzione delle classi di fattibilità geologica è avvenuta sia sulla base della classificazione già fornita dall'elaborato allegato al vigente Piano Regolatore sia tenendo conto delle indicazioni fornite in *Tabella 1 – Classi di ingresso* (paragrafo 3.2"Indicazioni per l'attuazione delle classi di fattibilità") della D.g.r. n. 8/1566/2005, ed in particolare quelle per gli ambiti omogenei definiti come ***"aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico"*** ed ***"aree vulnerabili dal punto di vista idraulico"*** .

La normativa prevede per tali aree omogenee le seguenti classi d'ingresso, individuate sul territorio comunale:

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	
	CLASSE
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	**3**
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	**4**
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	**4**

All'interno del territorio comunale le aree a bassa soggiacenza della falda e da alta vulnerabilità della stessa coincidono alla fascia di pertinenza, di rispetto (150 m) e di conservazione idraulico-ambientale del Torrente Staffora.

Il territorio comunale è stato suddiviso in quattro classi principali di fattibilità (1, 2, 3, 4), con capacità di utilizzo differenziata e decrescente in relazione a condizioni di rischio idrogeologico e idraulico via maggiori.

Rispetto allo studio precedente sono state apportate alcune modifiche nella suddivisione e nella perimetrazione delle classi di fattibilità, di cui si riporta una tabella di confronto:

CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA			
PRG		**PGT**	
CLASSI	**AMBITO**	**CLASSI**	**AMBITO**
classe 1	zona di fondovalle	**classe 1**	zona di fondovalle
classe 2	aree pianeggianti stabili	**classe 2**	aree pianeggianti stabili, conoidi, ripiani
classe 3a	aree collinari non boscate	**classe 3a**	aree collinari non boscate, frane stabilizzate, aree di versante potenzialmente instabili
classe 3b	aree boscate soggette a vincolo idrogeologico	**classe 3b**	aree boscate di tutela idrogeologica e paesistico-ambientale
classe 3c	fascia di esondazione T.Staffora (Em)	**classe 3c**	fascia di esondazione T.Staffora (Em)
classe 3d	area E_b di C.na Campanile	**classe 3d**	area caratterizzata da diffusa instabilità del versante
classe 3e	fascia di tutela e rispetto del T.Staffora	**classe 3e**	fascia di tutela e rispetto del T.Staffora
classe 3f	area di rispetto (raggio=200m) dei pozzi ad uso idropotabile	**** La L.R. 12/05 prevede che non vengano attribuite classi di fattibilità alle aree di tutela delle captazioni ad uso idropotabile***	
classe 4a	frane attive e quiescenti	**classe 4a**	frane attive e quiescenti
classe 4b	fascia di esondazione T.Staffora (Ee)	**classe 4b**	fascia di esondazione T.Staffora (Ee)
classe 4c	fascia di esondazione T.Staffora (Eb)	**classe 4c**	fascia di esondazione T.Staffora (Eb)
classe 4d	vincolo polizia idraulica reticolo idrico minore	**classe 4d**	vincolo polizia idraulica reticolo idrico minore e secondario
classe 4e	zona di tutela assoluta (raggio=10m) pozzi ad uso idropotabile	**** La L.R. 12/05 prevede che non vengano attribuite classi di fattibilità alle aree di tutela delle captazioni ad uso idropotabile***	
		classe 4e	vincolo polizia idraulica reticolo idrico principale

Il territorio pianeggiante di Rivanazzano Terme ricade per gran parte in **classe 1** (**Fattibilità senza particolari limitazioni**) e non è soggetto a particolari problematiche geologiche.
I fattori di rischio si incontrano in corrispondenza del Torrente Staffora, dove le limitazioni d'uso (Norme di attuazione del PAI), sono dovute alle fasce di esondazione (**classi 3c, 4b, 4c**) e di rispetto (**classe 3e**) del corso d'acqua.
Le zone di conoide fluviale e di raccordo fra fondovalle e rilievi, nonché le aree pianeggianti stabili, sono state inserite in **classe 2** di fattibilità geologica.
In corrispondenza degli ambiti collinari sono presenti: le aree direttamente interessate da dissesti idrogeologici attivi e quiescenti, classificati in **classe 4a** e per i quali valgono le Norme più restrittive contenute nelle Norme di attuazione (N.d.A.) del PAI (Art. 9, commi 2 e 3), le aree boscate sottoposte a tutela idrogeologica e paesistico-ambientale (**classe 3b**) e le zone di versante instabili (**classe 3d**) o potenzialmente instabili, cui si associano le frane stabilizzate (**classe 3a**).
Infine sono state evidenziate le fasce di tutela e rispetto del reticolo idrico principale (**classe 4e**) e minore-secondario (**classe 4d**).

Per quanto riguarda le prescrizioni e i contenuti di ogni singola classe di fattibilità si rimanda al fascicolo NORME GEOLOGICHE DI PIANO che riprendono e integrano le Norme geologiche precedenti (edizione novembre 2003) sulla base della nuova normativa (NTC 2008) e degli scenari di pericolosità sismica locale.

Marzo 2011

Dott. Geol. Giuseppe Zuffada