



COMUNE DI ZEME

Provincia di Pavia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

ART. 57 L.R. 12 -11 marzo 2005

DOCUMENTO DI PIANO

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott.Geol. Luca Giorgi

Iscr. Ordine Geologi della Lombardia n° 814

Maggio 2013



DOTT. GEOL. LUCA GIORGI
STUDIO GEOTECNICO

Voghera PV via Enrico Toti, 3 tel/fax 0383.62257



INDICE

PREMESSA	2
• 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE	3
• 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	4
• 3. STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE	10
• 4. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO	15
• 5. CRITERI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	22



PREMESSA

La presente Relazione costituisce l'elaborato illustrativo delle indagini e considerazioni geologico-applicative connesse alla progettazione del Piano di Governo del Territorio del Comune di Zeme, in ottemperanza a quanto disposto dall'art. 57 della Legge Regionale del 11 marzo 2005, n° 12 " Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio".

Il citato documento normativo prescrive le linee guida metodologiche, che si fondano su due successive fasi operative:

Fase di analisi, che consiste nell'acquisizione dei dati geolitologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici esistenti e nel loro eventuale apposito rilevamento integrativo in sito. Tale fase permette di realizzare una cartografia di inquadramento, che essenzialmente riporta i locali elementi geologici, geotecnici, idrogeologici di interesse ai fini edificatori ed una cartografia di caratterizzazione sismica che riporta l'analisi di primo livello svolta ai sensi della DGR 8/1566.

A questa fase di studio si accompagna il rilievo del sistema di vincoli di carattere idrogeologico ed ambientale

Fase di sintesi e proposte, a sua volta articolata in due distinti momenti, che si concretizzano nell'elaborazione dei seguenti documenti cartografici:

- carta di sintesi che, con i dati precedentemente acquisiti ed elaborati, presenta una zonazione del territorio per aree omogenee sotto l'aspetto della pericolosità, essenzialmente sotto il profilo del dissesto idrogeologico in atto o potenziale ovvero della vulnerabilità idrogeologica.

- carta di fattibilità geologica per le azioni di piano che, desunta dalla precedente, propone una zonazione del territorio in funzione delle limitazioni dovute allo stato di pericolosità e di rischio geologico e idrogeologico.

In accordo con le linee guida della citata normativa, il lavoro è iniziato con una ricerca bibliografica di documenti sia editi che inediti ed è poi proseguito con l'interpretazione delle fotografie aeree zenitali e con il rilevamento geomorfologico di superficie.



In particolare nella fase di rilevamento di campagna ci si è avvalsi di un supporto cartografico ottenuto dal rilievo aerofotogrammetrico appositamente svolto e della cartografia regionale (C.T.R. alla scala 1/10.000), mentre per le definizioni di tipo geotecnico ed idrogeologico ci si è avvalsi di studi ed interpretazioni pregressi e del supporto dell'Ufficio tecnico del Comune, nonché degli Uffici regionali e dipartimentali.

Gli elaborati cartografici sono estesi all'intero territorio comunale, al fine di ottenere una configurazione complessiva sulla base degli elementi geomorfologici, idrogeologici ed ambientali rilevati anche in funzione di eventuali varianti future.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

L'abitato di Zeme è situato nella pianura Lomellina nord-occidentale in prossimità della sponda destra del torrente Agogna e a ridosso roggia Raina; il territorio comunale trova la sua collocazione nei riferimenti cartografici regionali ed IGM (F° 58 tav. I SO IV SE).

L'evoluzione storica della zona è comune a quella di gran parte della Lomellina, con il progressivo insediamento delle popolazioni a seguito di bonifiche e disboscamenti di ampie superfici che costituivano in epoca storica la foresta planiziale e alluvionale che ricopriva la valle del Po.

Allo stato attuale, l'abitato ed il territorio di Zeme mantengono la struttura urbana conseguita nel XIX secolo, con la presenza di estese superfici interessate da colture agricole, fra cui spiccano quelle risicole (predominanti) e di pioppicoltura.

La caratterizzazione climatica del comune, inquadra il territorio in un clima da *subumido* a *umido* ed alla varietà *secondo mesotermico*, con oltre il 50% dell'efficienza termica concentrata nei mesi estivi; la tessitura sabbiosa dei suoli, che non favorisce la ritenzione idrica, è tale da originare moderate deficienze idriche, compensate dalla locale configurazione idrologica superficiale, che aumenta in modo decisivo la quantità d'acqua circolante sul suolo.



1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

1.1 LINEAMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI DELLA PIANURA PADANA

Strutturalmente il bacino padano può essere considerato in generale come un'area di avanfossa che si è originata da una progressiva migrazione della placca africana verso quella europea, in conseguenza della subduzione della microplacca padano-adriatica, che rappresenta il lembo settentrionale del blocco adriatico-pugliese, verificatosi a seguito del duplice fenomeno compressivo generato dalle coltri appenniniche e sud-alpine. Lo stile tettonico compressivo ha determinato rilevanti fenomeni di sovrascorrimento e sottoscorrimento, particolarmente evidenti sul bordo esterno del fronte appennico, con strutture trasversali che interrompono la continuità degli archi esterni, fra cui assumono particolare rilevanza quelle rilevate nel sottosuolo della pianura pavese (faglia trascorrente Voghera-Lodi).

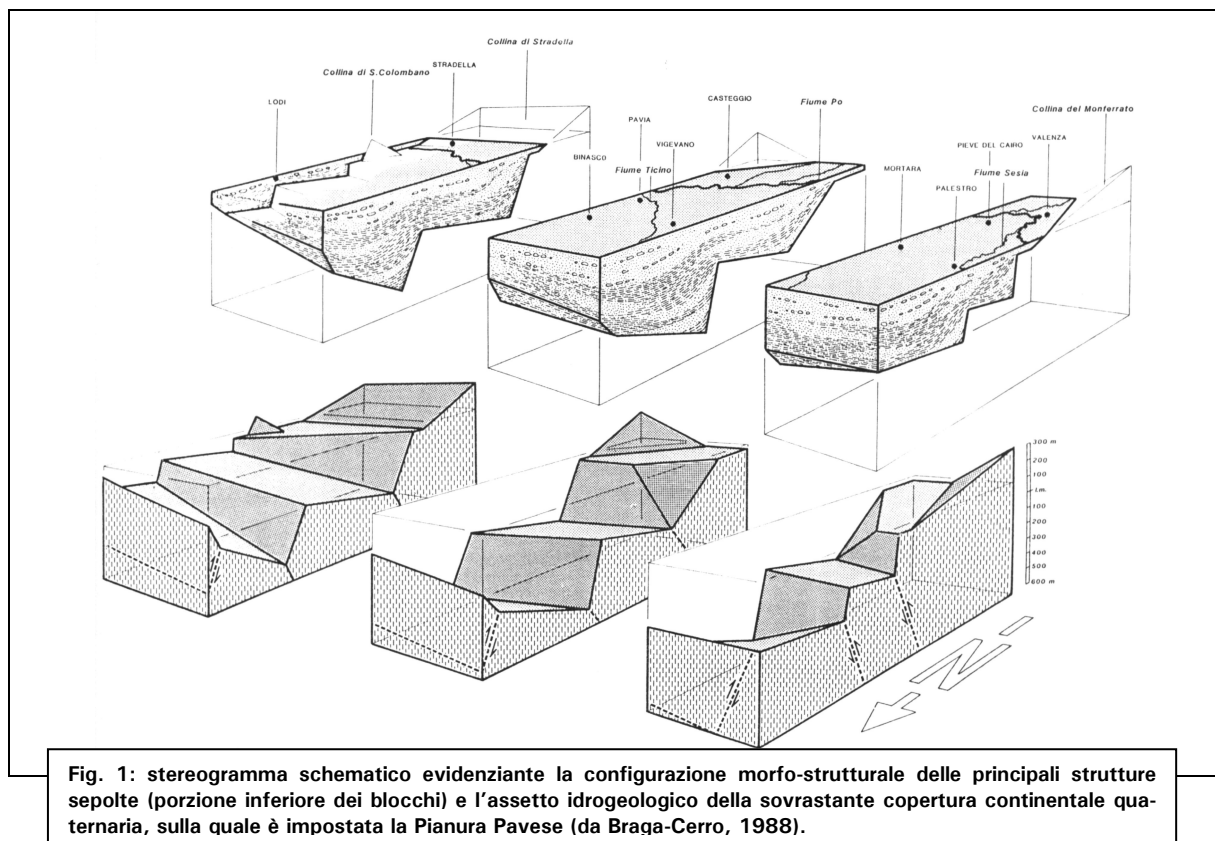
Quest'ultima distingue due ambiti, definiti da un differente avvicinamento dell'arco esterno delle pieghe appenniniche alle strutture più meridionali del dominio sud-alpino, dei quali il più orientale vede le strutture menzionate fronteggiarsi direttamente, mentre ad occidente le stesse appaiono distanziate di circa 50 Km, con l'interposizione di una zona poco deformata che corrisponde al settore pavese-lomellino della pianura.

Per meglio comprendere l'assetto strutturale sepolto della pianura pavese, si rimanda alla locale configurazione litostratigrafica del sottosuolo, ove si rileva la presenza di una coltre di depositi continentali di spessore variabile disposti a copertura delle formazioni di genesi marina, definite da peculiari strutture morfo-tettoniche costruite dalle ultime fasi dell'orogenesi alpina, protrattesi sino all'era quaternaria e caratterizzate da opposte vergenze.

In particolare si individuano per queste strutture due direttrici di sviluppo ortogonali, riconsegnabili a quella dominante lungo il fronte appenninico (NO-SE) ed antiappenninico (SO-NE): nel primo caso le strutture sepolte assumono la configurazione di alti morfo-strutturali generati da una serie di faglie esplicanti un'azione compressiva e prevalentemente immergenti verso i quadranti meridionali.

Per la relativa posizione esterna nei confronti dei retrostanti tratti di catene emerse ed in funzione del reciproco orientamento, gli alti morfo-strutturali descritti hanno determinato e condizionato lo sviluppo dei sedimenti continentali sovrastanti, sia in senso verticale che areale, attraverso fasi deposizionali verificatesi solo all'avvenuto colmamento delle adiacenti depressioni morfo-strutturali, mentre nel periodo di lacuna deposizionale le porzioni sommitali degli alti erano sottoposte ad intensi processi erosivi subaerei e di mare sottile che hanno dato origine a spianate assimilabili alle platee di erosione marina.

La scarpata esterna delle platee, dotata di acclività antitetica rispetto alle superfici di accavallamento tettonico, funge da limite di separazione e discordanza fra le formazioni marine costituenti lo zoccolo dislocato degli alti strutturali ed i depositi fluvio-glaciali che hanno colmato le depressioni antistanti e, attraverso un processo di over-lapping, le spianate sommitali sino al completo seppellimento.



I processi descritti sono confermati dall'assetto giaciturale dei depositi continentali, che risulta molto disturbato alla base delle scarpate e tende progressivamente a regolarizzarsi procedendo verso la superficie: le deformazioni dei sedimenti sono riconducibili sia



a fenomeni di costipamento differenziale che in conseguenza dei fenomeni di riattivazione residuale dei sistemi di fratture (faglie inverse) che si sviluppano lungo le fronti di accavallamento tettonico (ENEL, 1984).

Secondo un'altra ipotesi, verificata attraverso indagini sismiche, il disturbo della sequenza continentale sarebbe da attribuirsi all'attività di una faglia avente orientamento O-E e dislocante il letto di tali depositi che determina il ribassamento relativo del blocco settentrionale di diverse centinaia di metri e la conseguente presenza di potenze maggiori nei depositi fluvio-lacustri (ASS. IRR. EST SESIA, 1984).

1.2 IL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA PAVESE-LOMELLINA

I dati relativi ad esplorazioni geologiche del sottosuolo pregresse in possesso, di tipo geoelettrico (sondaggi elettrici verticali di resistività), indicano la presenza nella pianura pavese-lomellina, a partire dal piano campagna, di un materasso alluvionale, costituito da sedimenti sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e limoso-sabbiosi, con sporadiche intercalazioni limoso-argillose, caratterizzato da valori di resistività maggiori di 100 Ohm.m.

Il secondo orizzonte, contraddistinto da valori di resistività compresi fra 100 e 20 Ohm.m, corrisponde alla sequenza fluvio-lacustre villafranchiana, caratterizzata da litotipi limoso-sabbiosi e argillosi ed il cui spessore risulterebbe massimo nella zona di Vigevano (circa 400 metri), a causa della dislocazione operata dalle discontinuità tettoniche sepolte e della conseguente creazione di una depressione morfo-strutturale compresa fra due alti; la successione pleistocenica corrisponde alla fase di colmamento del bacino padano, completata dai successivi cicli alluvionali, in un regime di subsidenza generalizzata.

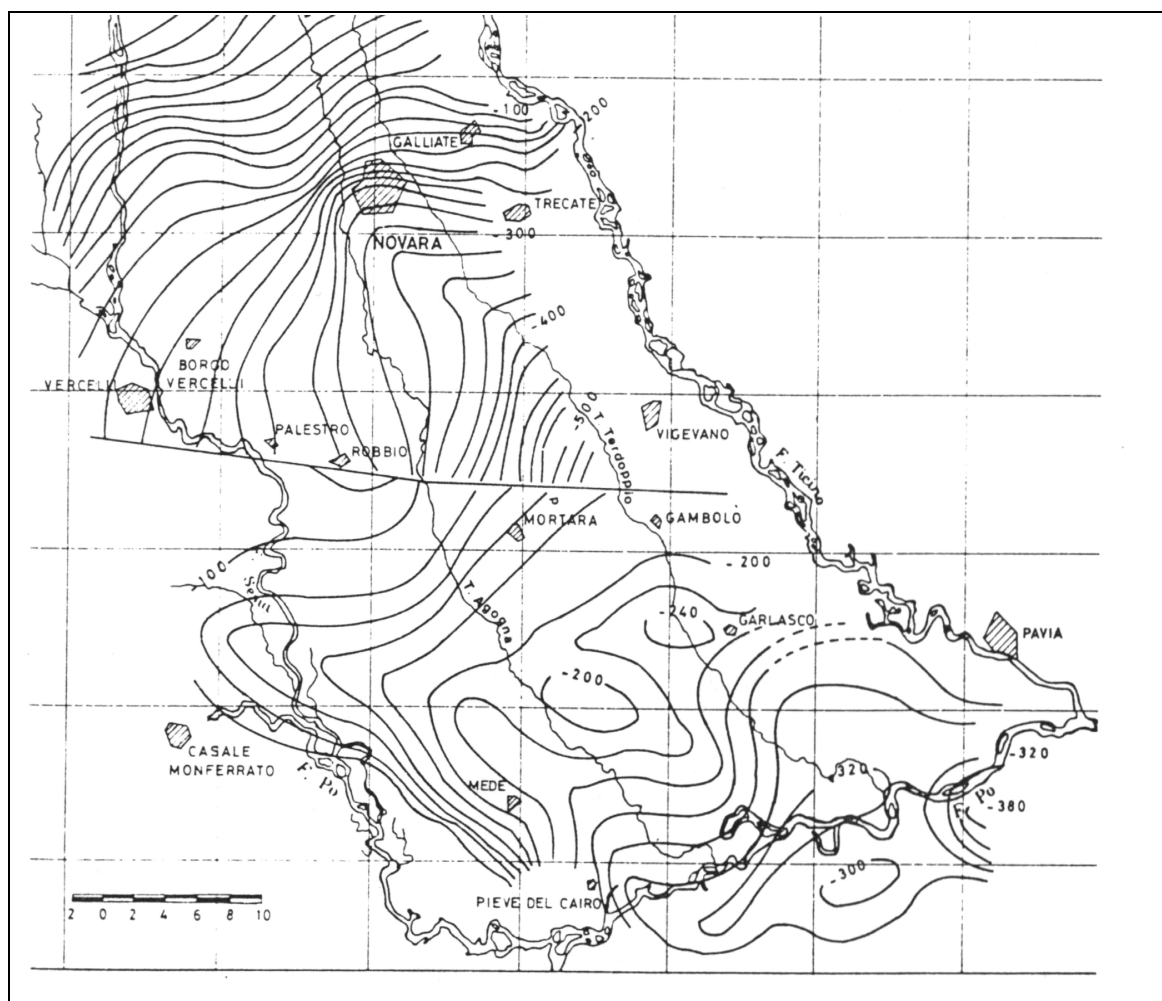


Fig. 2: isobate, riferite al livello medio del mare, della superficie basale della sequenza continentale, nel sottosuolo della Pianura Lomellina (da ASS. IRR. EST SESIA, 1984).

Il terzo orizzonte resistivo, individuato da valori inferiori a 8 Ohm.m alla base della successione villafranchiana, si correla con il basamento pre-quaternario costituito dalle formazioni di origine marina a comportamento generalmente impermeabile.

La natura litologica del substrato pre-quaternario della zona pavese-lomellina può essere desunta dalla colonna stratigrafica relativa al pozzo Ottobiano 1 (AGIP) ove la prevalenza di litotipi arenaceo-marnosi testimonia l'ubicazione della trivellazione al margine degli alti strutturali precedentemente descritti, ed in particolare evidenzia la progressiva emersione a partire dal Tortoniano degli alti strutturali, con graduale migrazione delle facies deposizionali di ambiente di piattaforma esterna a quelle di ambiente evaporitico e lagunare-salmastro.



2.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Mede contesto si colloca entro il livello fondamentale della pianura padana, impostato sui terreni che costituiscono il terrazzo Wurmiano, ossia l'insieme dei sedimenti continentali che ha colmato le preesistenti depressioni originate dalla fase interglaciale erosiva Riss-Wurm con il sovralluvionamento delle antiche superfici, ad esclusione di taluni lembi residuali (dossi).

I cicli fluvio-glaciali, di cui il Wurm rappresenta l'ultima fase, corrispondono al periodo quaternario di alluvionamento successivo al Villafranchiano e coincidono con l'alternarsi di pulsazioni climatiche calde e fredde, correlabili direttamente con le azioni di avanzamento ed arretramento delle fronti glaciali con apporto ed accumulo di sedimenti durante i cicli freddi (glaciali o stadiali) e terrazzamento erosivo durante i periodi caldi (interglaciale o interstadiale).

Nell'ambito della fase Wurmiana sono stati distinti più cicli stadiali (Wurm 1,2,3) di cui al primo (Wurm 1), corrispondente alla massima espansione glaciale, è attribuibile il maggior apporto di sedimenti e quindi la prevalente azione di colmamento e seppellimento delle antiche depressioni interglaciali, mentre i cicli successivi avrebbero operato l'apporto di modeste coltri detritiche, producendo principalmente dei terrazzi di erosione nella superficie principale.

Per questo motivo, il livello fondamentale della pianura nella Lomellina centro-settentrionale si presenta come una conoide terrazzata con superfici blandamente ondulate, vergenti verso S-SE, assimilabili in gran parte al livello del ciclo wurmiano principale, mentre i terrazzi inferiori determinano morfologie a tratti depresse, comunque marginali arealmente rispetto alla superficie fondamentale.

Le maggiori accentuazioni positive della superficie fondamentale della pianura sono costituite dai dossi che rappresentano ondulazioni altimetricamente elevate di pochi metri rispetto alle piane circostanti, aventi senso di allungamento planimetrico NNO-SSE, analogo a quello delle paleolinee di drenaggio ben conservate fra le incisioni dei torrenti Agogna ed Arbogna; essi rappresentano i lembi residuali di paleosuperfici relitte di

formazione Rissiana, e sono riconducibili a quelle forme caratteristiche della morfologia fluviale rappresentate dalle barre sabbiose.

La maggiore potenza del ciclo deposizionale Riss nei confronti di quello Wurmiano, fu la causa del non completo colmamento delle antiche superfici e forme di modellamento fluviale da parte delle nuove assise alluvionali, motivo per cui i rilievi attuali, sebbene rimaneggiati parzialmente dalla rielaborazione eolica e soprattutto dagli interventi di insediamento che ne hanno provocato il progressivo livellamento alla pianura circostante, sono da considerarsi come delle forme di modellamento o paleosuperfici fluviali relitte, corrispondenti dal punto di vista della genesi sedimentologica ad una fase antecedente ai cicli alluvionali Wurmiani, così come le linee di paleodrenaggio attualmente riconoscibili corrispondono ai relitti di un sistema di canalizzazione modello “braided” collegato alle divagazioni fluviali e parzialmente sepolto dai successivi eventi di colluvionamento.

FONTI BIBLIOGRAFICHE

Associazione Irrigazione Est Sesia – Novara (1984) *Le acque sotterranee della pianura irrigua novarese-lomellina (comprensorio dell'Est Sesia) studi e ricerche per la realizzazione di un modello matematico gestionale.*

Braga G., Bellinzona G., Bernardelli L., Casnedi R., Castaldi E., Cerro A., Cotta Ramusino S., Giannotti R., Marchetti G. & Peloso G.F. (1976) – *indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria. Quad. IRSA, 28, Roma.*

Braga G. & Cerro A. (1987-1988) – *Le strutture sepolte della pianura pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee*

Dondi L. & D'Andrea M.G. (1986) – *La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene Superiore al Pleistocene. Giorn. di Geol. Ser. III, 48, Bologna.*

ENEL/DCO (1984) – *Indagini per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Piemonte. Rapporti 84°1 – Trino Vercellese e 84°2 – Alluvioni Cambiò (AL). Roma.*

3. STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE

3.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOPEDOLOGICHE

Nell'ambito del Livello fondamentale della Pianura Padana, Il territorio amministrativo di Zeme presenta una caratterizzazione morfologica suddivisa da due contesti altimetricamente differenziati e delimitati dall'orlo del terrazzo che distingue le alluvioni recenti (diluvium tardivo o fluviale recente), ove si trova il nucleo urbano; ed i depositi olocenici del fiume Po, ribassati rispetto ai precedenti e caratterizzati dalla presenza di un reticolo idrico superficiale ad andamento meno rettificato.

Da questo inquadramento di massima, per la descrizione di dettaglio, si è proceduto mediante una suddivisione del livello fondamentale in due ambiti principali, corrispondenti ad unità di paesaggio per la cui descrizione morfologica ci si è avvalsi degli elementi di diversificazione quando presenti, con l'ausilio delle suddivisioni basate su criteri prettamente geopedologici noti nella letteratura specialistica:

UNITA' 1 costituita dal livello fondamentale della pianura.

Questa unità di paesaggio comprende aree ampiamente estese nell'ambito comunale, a morfologia pianeggiante o debolmente ondulata, prevalentemente sfruttate dal punto di vista agricolo per le coltivazioni risicole ed entro cui le differenziazioni principali sono di tipo geopedologico.

I suoli di queste superfici hanno in genere subito profondi rimaneggiamenti, a seguito del riporto di terreni derivanti dal livellamento delle aree rilevate (dossi) o per le opere di costipamento operate per l'impostazione dei piani di coltivazione delle risaie e posseggono pertanto caratteristiche composizionali e granulometriche non sempre direttamente correlabili agli originari processi di formazione pedologica. La permeabilità superficiale è generalmente media o elevata.



UNITA' 2 riferita alle fasce fluviali terrazzate oloceniche ed alle forme del paesaggio ad esse direttamente correlabili. Paleovalle della Roggia Raina.

Entro la suddivisione fondamentale delle alluvioni oloceniche attuali e medie o antiche, si rileva un esteso sistema di superfici, in parte raccordabili altimetricamente fra le sponde fluviali opposte e che delimitano gli ambiti legati alla genesi sedimentologica ed alle potenzialità dinamiche di carattere idrogeologico.

All'interno delle piane oloceniche, le estese coltivazioni a risaia oltre che i processi di coltivazione a scopo estrattivo hanno prodotto lo smussamento e la rettifica delle superfici di erosione sovente mediante l'asporto di materiale, motivo per cui gli attuali ripiani ed orli di terrazzamento corrispondono solo in parte con le originarie forme evolutive generate dai processi dinamici fluviali.

Entro questi ambiti, ribassati morfologicamente, la falda è rilevabile spesso entro il primo metro di profondità.

3.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

I suoli ed il sottosuolo del territorio comunale di Zeme non offrono molte differenziazioni sia per quanto riguarda la composizione litologica che per quanto concerne le prerogative geotecniche dei terreni; si tratta infatti di sedimenti in prevalenza incoerenti, dove le più marcate difformità sono costituite dalle lenti di materiale argilloso-limoso presenti, con spessori modesti ed in discontinuità areale, entro i sedimenti a prevalente componente sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa.

Leggermente diversificata è invece la situazione dal punto di vista agronomico ed idrogeologico con riferimento all'utilizzo dei suoli per uso agricolo ed alla vulnerabilità degli stessi nei confronti dei percolati inquinanti.

La configurazione geotecnica delle zone descritte, non avendo a disposizione indagini geotecniche puntuali è estrapolabile per comparazione con casi simili esaminati dallo scrivente e riguarda due unità sedimentologiche distinte: il suolo agrario di natura limo-



so-sabbiosa ed il primo sottosuolo sabbioso; volendo comunque dare una configurazione geotecnica di massima ai due gruppi sedimentologici, precisando che si tratta di dati indicativi da verificare in sito, è possibile esporre la tabella che segue, basata su intervalli di valore.

PARAMETRI GEOTECNICI		
	Limi (suolo)	sabbie
γ	1,7/1,9	1,7/0,8 (γ')
ϕ	22	30/35
Cu	0,2/0,4	-
Dr		40/60
E	30/60	150/200
μ	0,4	0,3
Ko		0,85

La presenza di orizzonti limoso-argillosi discontinui nei primi livelli del sottosuolo su tutto il territorio, conferma la necessità di attuare in fase preliminare ad ogni intervento edificatorio una campagna di indagine geognostica, volta ad individuare non solo le prerogative geotecniche dei terreni di fondazione, ma ad accertare la presenza di eventuali disomogeneità composizionali del piano di appoggio, al fine di valutare le possibili interazioni struttura-terreno (calcolo dei cedimenti differenziali e del modulo di reazione verticale).

In linea di principio, per le nuove costruzioni ci si dovrà attenere alle seguenti prescrizioni di carattere generale:

- realizzazione di fondazioni dirette a trave continua o a platea, evitando la posa di elementi portanti isolati;
- posa di fondazioni profonde (pali) qualora gli indici di carico unitari ammissibili del terreno non risultassero adeguati per le strutture in progetto;



- esecuzione degli scavi in considerazione delle oscillazioni freatiche stagionali, evitando che si verifichino in coincidenza dei cicli di adacquamento delle campagne;
- predisposizione di adeguati manti impermeabilizzanti costituiti da materassi in bentonite, in previsione di possibili interferenze fra la quota finale di posa delle fondazioni e le oscillazioni del livello freatico;
- posa di idonee strutture di contenimento delle pareti scavo quando gli interventi prevedono sbancamenti in adiacenza o nelle vicinanze di edifici esistenti (paratie di micropali o diaframmi).

3.3 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Dalle ultime osservazioni e studi svolti sull'argomento (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia, 2002), si definisce unità idrostratigrafica un corpo geologico di notevole estensione areale che costituisce un corpo geologico complesso, formato da gruppi di strati con geometrie e caratteri petrofisici variabili ma caratterizzati da una genesi sedimentologica comune.

L'individuazione delle Unità Idrostratigrafiche (UIS), consente di studiare l'idrodinamica sotterranea locale considerando ciascuna Unità idraulicamente isolata dalle altre.

Da queste definizioni sono state riconosciute quattro UIS fondamentali, denominate Gruppo Acquifero A, B, C, databili al Pleistocene sup. e medio, e D (Pleistocene inf. o Villafranchiano) e suddivise sulla base del volume complessivo degli acquiferi utili in ciascuna Unità e sullo spessore, continuità ed estensione areale del livello acquifero o impermeabile posto alla base di ciascuna di esse.

Dalle sezioni litostratigrafiche relative alla zona della Lomellina, si nota come le prime due UIS (Gruppi Acquiferi A e B) si collochino entro i depositi continentali caratterizzati da una permeabilità media molto elevata; entro queste, l'alternanza di sedimenti sab-



bioso-ghiaiosi e delle intercalazioni argillose determinano il cosiddetto sistema acquifero delimitato superiormente ed inferiormente dagli acquitardi.

3.4 CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI

La falda superiore, a carattere freatico, grazie al grado di permeabilità dei sedimenti superficiali che consente la ricarica diretta, presenta un livello mediamente molto prossimo alla superficie del piano campagna, con massime oscillazioni positive nel periodo di sommersione delle colture risicole.

Pertanto, pur nei limiti delle condizioni idrogeologiche generali che vedono la falda freatica seguire direzioni di deflusso da NNO verso SSE, seguendo in generale lo schema della pianura padana settentrionale che contempla un sistema drenante convergente verso l'asta fluviale del Po, è fondamentale l'apporto fornito all'alimentazione della stessa dai corsi d'acqua superficiali, in condizioni naturali o regimate.

Le prerogative tessiturali dei sedimenti che ospitano l'acquifero superficiale evidenziano elevati valori di permeabilità ($k = 10^{-3} / 10^{-4}$ cm/sec) e trasmissività ($1,3 \text{ m}^2/\text{sec} < T < 4,9 \text{ m}^2/\text{sec}$); ne consegue un elevato potenziale di ricarica diretta dalla superficie topografica incrementato dai cicli meteorici stagionali.

I gruppi acquiferi B e C sono isolati dal gruppo A da una serie di livelli argillosi discontinui arealmente che conferiscono alle falde un debole carattere di artesianità.

Il campo di moto dei corpi idrici più profondi segue orientazioni diverse, accentuate dalle discontinuità strutturali presenti alla base della successione villafranchiana e tali ostacoli di natura morfo-strutturale inducono a ritenere che le acque presenti in detti acquiferi siano caratterizzate da tempi di rinnovamento estremamente lunghi: il rallentamento del deflusso delle acque profonde, a regime artesiano o semi-artesiano è confermato dall'elevato tasso di mineralizzazione, con alti tenori in Ferro, Manganese ed Ammoniacca che talora oltrepassano le soglie di potabilità previste dalla normativa vigente, originati dal contatto delle acque con depositi torbosi frequenti nella sequenza fluvio-lacustre.



3.5 PROPRIETA' DINAMICHE DEGLI ACQUIFERI

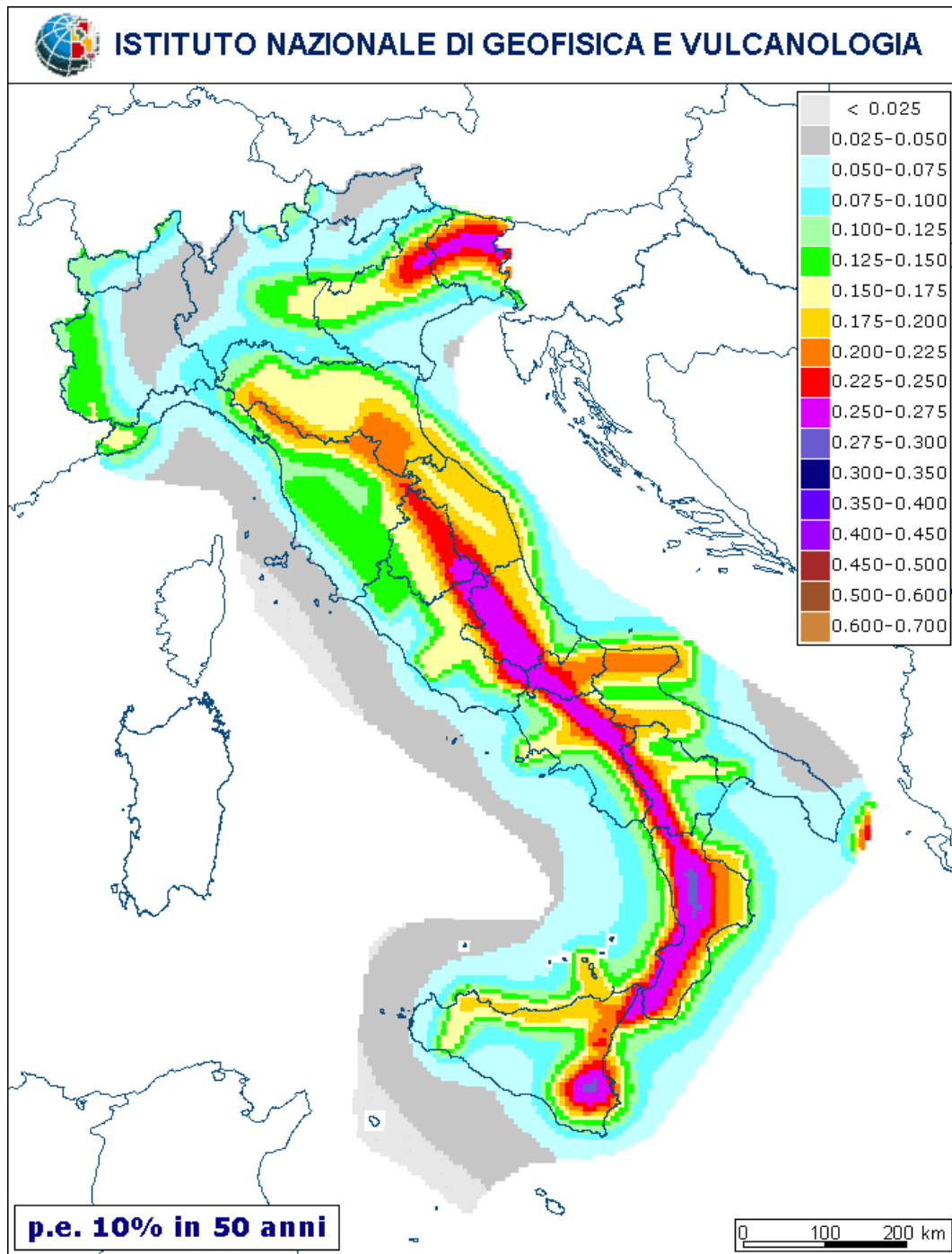
Il gruppo acquifero superiore (A) è fortemente vulnerabile dal percolato superficiale, a causa dello scarso grado di protezione offerto dai suoli e dal primo sottosuolo, definiti da un grado di permeabilità medio o elevato derivante dalla composizione tessiturale.

Il gruppo acquifero B presenta un discreto grado di protezione costituito dalla presenza a tetto di un livello impermeabile argilloso la cui estensione areale non è certa, ma che dalle stratigrafie a disposizione pare avere una certa continuità nel settore geografico della Lomellina centrale.

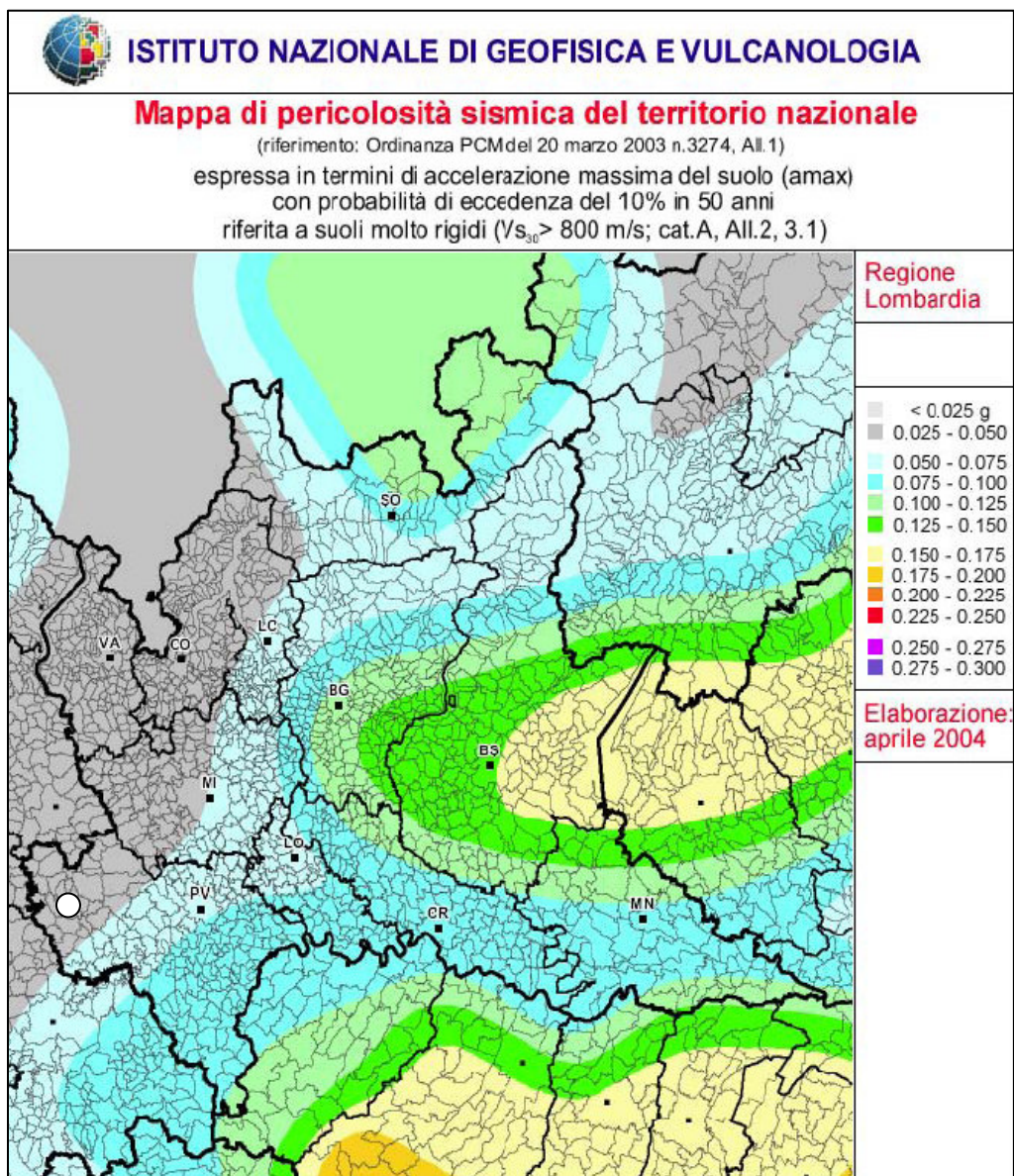
Non si conoscono le potenzialità del gruppo acquifero C ma è presumibile che esso abbia un più spiccato carattere di artesianità ed un maggiore grado di protezione.

4. ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

Il comune di Zeme è censito nella Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 come appartenente alla zona 4, cioè inserito nella classe di minima sismicità e con una accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico con probabilità di superamento pari al 10% in 50 inferiore al valore di $a_g/g < 0,05$. Gli studi effettuati da gruppi di ricerca (INGV, 2004) hanno permesso di elaborare una “Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale”, 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 $T_r=475$ anni.



Mapa di Pericolosità sismica del Territorio nazionale (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)



Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale – Regione Lombardia



Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema di Tabella 1:

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 1: zone sismiche

Con DGR 8/1566 del 22-12-2005 la Regione Lombardia ha imposto l'obbligo a tutti i Comuni di verificare la pericolosità sismica del proprio territorio, fornendo una linea guida (allegato 5) per la stesura di tale studio.

Il primo passo consiste nell'individuazione delle aree passibili di amplificazione sismica, basandosi su diversi scenari, proposti nella seguente tabella:

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	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco ad-densati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	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 del-tizio-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



Per riassumere si riporta lo schema di approfondimento e le fasi di applicazione in zona sismica 4.

1° LIVELLO

In base alle conoscenze in possesso dello scrivente e ad una approfondita analisi della geologia e geomorfologia del territorio del Comune di Zeme risulta che si è in presenza degli scenari Z4a e Z2a.

Tali scenari sono riportati nella carta della pericolosità sismica di base.

2° LIVELLO

Dalla DGR IX/2616 del 30/11/2011

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfolologiche Z3 e litologiche Z4). 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 morfolologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: 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. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfolologici 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.

Elenco degli edifici e delle opere di competenza regionale (art. 2 comma 3 O.P.C.M. n. 3274).

(..."edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile - edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso"...).

Premesse.



Il seguente elenco fa espressamente riferimento al documento illustrato durante la riunione tecnica preliminare tenutasi a Roma il 15 luglio 2003 presso il Dipartimento di Protezione Civile cui hanno partecipato i rappresentanti delle Regioni.

Un primo elenco delle opere di competenza statale era stato inviato dal Dipartimento della Protezione Civile al Presidente della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome con nota del 4 luglio 2003 prot. n.DPS/SSN/0028552.

Un secondo elenco delle opere di competenza statale è stato diffuso dal Dipartimento della Protezione Civile con nota del 2 ottobre 2003 n. DPC/VC/8842686. Tale elenco, pur con qualche precisazione, non differisce di molto da quello precedentemente predisposto.

1. EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

EDIFICI

- a) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (*).
- b) Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (*).
- c) Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (*).
- d) Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (*).
- e) Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc).
- f) Centri funzionali di protezione civile.
- g) Edifici ed opere individuate nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- h) Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o di dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione.
- i) Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (**).
- j) Centrali operative 118.

2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

EDIFICI

- a) Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori.
 - b) Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere.
 - c) Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile, n.3685 del 21 ottobre 2003.
 - d) Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.).
 - e) Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (***) suscettibili di grande affollamento.
- (*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.
(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.
(***) Il centro commerciale viene definito (d.leg. n. 114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazio-



ne specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

OPERE INFRASTRUTTURALI

- a) Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali.
- b) Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane).
- c) Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza.
- d) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica.
- e) Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotto, gasdotti, ecc.).
- f) Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali.
- g) Strutture non di competenza statale connesse con servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione).
- h) Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotto insalubri e/o pericolosi.
- i) Opere di ritenuta di competenza regionale.

in termini di valori di V_s , 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 e DGR n. IX/2616 del 30/11/2011.

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)

Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi



3° LIVELLO

Dalla DGR IX/2616 del 30/11/2011

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 F_a 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 fisico-meccaniche 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.

Il terzo livello di analisi può essere sostituito dall'utilizzo dei parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ZONA SISMICA 3 nel caso del Comune di Zeme).

5. CRITERI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La suddivisione del territorio comunale ai fini edificatori è stata attuata seguendo un criterio di valutazione areale delle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche ed ambientali riscontrate, avvalendosi dei dati litostratigrafici e geotecnici a disposizione; la zonazione così effettuata, è da ritenersi mediata fra le condizioni di fattibilità puramente geotecnica (caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione) e quelle idrogeologiche ed ambientali puntuali e dell'intorno considerato.

La delimitazione delle aree di fattibilità geologica, è coordinata con la zonazione effettuata sulla carta di sintesi, dei vincoli e sismica ed è stata attuata per praticità d'uso adottando dei limiti facilmente identificabili sul terreno o sui mappali catastali o di tipo morfologico.



Con riferimento alla cartografia allegata, si riporta di seguito la suddivisione per classi di edificabilità riferita all'intero comprensorio comunale.

CLASSE 2

Aree agricole o incolte limitrofe o interne agli insediamenti principali, corrispondenti al livello fondamentale della pianura dove si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geotecnico e idrogeologico limitati al singolo progetto e all'immediato intorno, al fine di verificare le eventuali disomogeneità areali dei terreni di fondazione dei nuovi fabbricati e di identificare le corrette tipologie fondazionali adottabili in relazione all'entità dell'intervento, predisponendo quando necessario eventuali opere di bonifica e sistemazione che non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

CLASSE 3

Aree agricole o incolte, nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni principalmente riconducibili all'assetto idrogeologico degli stessi e corrispondenti ai seguenti ambiti:

- antiche anse di divagazione dei corsi d'acqua (paleoalvei) caratterizzati da limiti di soggiacenza della falda freatica prossimi al piano campagna e da condizioni di ristagno a scarso deflusso delle acque;
- fascia di rispetto del pozzo ad uso potabile comunale (200 m ai sensi dei D.Lgs. 152/99 e 258/00).

L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine preliminari per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area di intervento e del suo intorno, mediante indagini geognostiche, prove in situ e di laboratorio, supportate da studi tematici specifici, in particolare idrogeologici, idraulici, ambientali e pedologici, per valutare la compatibilità delle nuove opere con l'assetto esistente, in modo da non modificare o interferire, se non a scopo migliorativo o integrativo con l'equilibrio idrogeologico esistente.



Entro i limiti della classe 3 andrebbero inclusi solo gli interventi edificatori integrati con il paesaggio circostante, comprese le opere di riqualificazione ambientale volte alla fruizione degli spazi da parte della comunità, oppure i fabbricati rurali necessari allo sviluppo delle attività agricole, purchè definiti da una qualità architettonica consona all'assetto paesaggistico del territorio, evitando tipologie che creino situazioni di impatto visivo sgradevoli o implicino la posa di infrastrutture e servizi voluminosi (tralicci, strade) o che interferiscano con la situazione idrogeologica attuale (immissione di scarichi entro i corsi d'acqua o nel sistema di recapito ad essi collegati).

CLASSE 4

Aree ove dovrà essere esclusa qualsiasi nuova opera di edificazione, che comprendono le zone di esondazione potenziale massima dei corsi d'acqua e le aree di affioramento della falda (fontanili). Entro questi ambiti potranno essere realizzati interventi volti al consolidamento ed alla sistemazione idrogeologica dei siti, mentre per gli edifici esistenti saranno consentiti Interventi così come definiti dall'art. 27 comma 1 lettere a),b),c) della L.R. 12/05. L'eventuale realizzazione di opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone dovrà essere valutata puntualmente dall'autorità Comunale, previa presentazione di studio geologico e geotecnico che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Alla classe 4 sono infine ascritti la fascia di tutela assoluta del pozzo ad uso potabile comunale e le fasce di vincolo idrogeologico dalle sponde dei corsi d'acqua, ai sensi del R.D.523/1904.

Voghera, maggio 2013

Dott. Geol. Luca Giorgi
Iscr.Ordine Geologi della Lombardia n° 814