

COMUNE DI SESTO AL REGHENA
(Provincia di Pordenone)

**STUDIO GEOLOGICO - TECNICO DEL TERRITORIO COMUNALE
RELATIVO ALLA VARIANTE N° 28 AL PRGC**

RELAZIONE



Dr. Maurizio M. Pivetta
- GEOLOGO -
Varmo (UD) Via Roma, 21
Tel 0432-778139 e-mail:pivetta@qnet.it

1. PREMESSA

Lo scrivente ha il compito di condurre uno studio geologico tecnico nel comune di Sesto al Reghena, in previsione della variante n° 28 al P.R.G.C., che riguarda alcune sostanziali modifiche nella destinazione d'uso di parte del territorio (Tav. 1.1).

Lo studio odierno individua e propone un quadro di elementi geologico-tecnici da inserire nello strumento urbanistico in fase di pianificazione e, se necessario, integra le indagini condotte in precedenza, segnatamente alle superfici soggette a variante. Nella stesura del lavoro viene fatto riferimento principalmente alle risultanze del recente *“Studio geologico tecnico del territorio comunale relativo alla variante generale”* che riporta i rilievi litostratigrafici ed idrologici ed impone alcuni vincoli legati alle condizioni geoidrologiche della zona. Lo scrivente si avvale anche di altre esperienze condotte su aree strettamente limitrofe a quelle relative alla variante e ad altre fonti bibliografiche utili a delineare con la maggior precisione possibile il profilo geologico-tecnico dei terreni su cui ricadono le nuove previsioni dello strumento urbanistico con il piano di flessibilità.

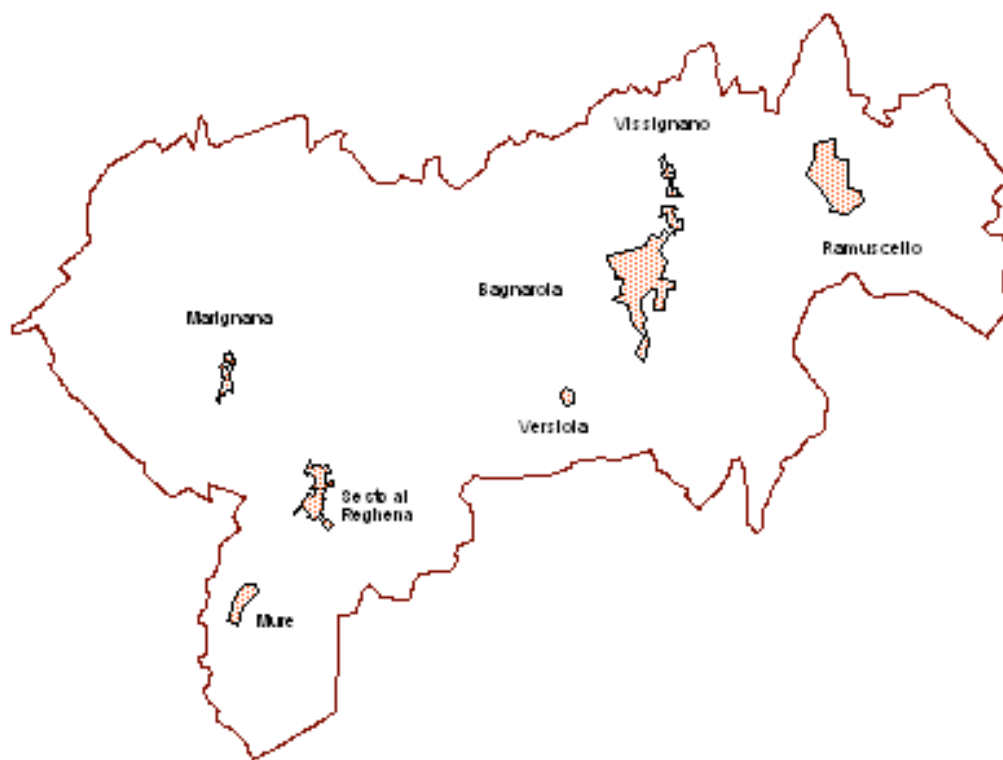
La rielaborazione dei dati alla fine produce una relazione esplicativa corredata di opportuna cartografia, per definire la compatibilità delle previsioni di variante con le condizioni geologiche ed idrogeologiche del territorio.

2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO DEL TERRITORIO COMUNALE

Il territorio comunale appartiene alla fascia centro meridionale della Bassa Pianura friulana occidentale compresa fra il Livenza ed il Tagliamento.

E' circondato a nord nord-est dal comune di San Vito al Tagliamento, ad ovest nord-ovest dal comune di Chions, ad est nord-est dal comune di Morsano al Tagliamento, entro il quale si incunea con una appendice delimitata a nord e a sud sud-est rispettivamente dai comuni di San Vito e di Cordovado. Il margine meridionale confina a sud-ovest con il comune di Cinto Caomaggiore e a sud-est con il comune di Gruario, appartenenti alla provincia di Venezia.

Oltre al capoluogo che risiede nel settore sud occidentale, il comune conta anche 6 frazioni: Ramuscello, Vissignano, Bagnarola, Versiola, Marignana e Mure, collegate fra loro da una comoda rete viaria che porta agevolmente anche all'esterno, attraverso importanti arterie provinciali. A margine del territorio, sul lato sud occidentale, corre l'autostrada A28 che unisce Portogruaro con Pordenone.



3. PREVISIONI DI VARIANTE

Gli interventi di variante vengono riassunti nella tabella allegata che riporta, oltre che le nuove destinazioni d'uso, anche la relativa superficie in mq e gli ambiti entro i quali ricadono le suddette superfici rispetto a:

- litologia di superficie e del sottosuolo,
- profondità minima della falda,
- velocità delle onde sismiche V_{s30} ,
- esondabilità rilevata rispettivamente dal P.A.I., dalla variante 11 al PRGC e dal Consorzio di Bonifica Cellina-Meduna, in riferimento all'art. 6.

Vengono inoltre segnalate la possibilità o meno di edificare in base ai sopraccitati rilievi e le note di dettaglio sugli ambiti di pericolosità idrogeologica con le lame d'acqua corrispondenti, legate ai rispettivi vincoli di edificabilità.

Si tratta in gran parte di piccole espansioni residenziali, per un totale di 119 punti su 177, pari al 67% degli interventi, operate a ridosso dei nuclei abitativi che non comportano grande sottrazione di territorio all'agricoltura e prevedono la corrispondente viabilità di accesso e di riassetto su strade carrarecce preesistenti, quest'ultima distribuita su 45 punti di variante, pari al 25%. In subordine viene proposto un modesto ampliamento alla zona industriale-artigianale, con 7 interventi di variante, pari al 4%, ed il restante 3% incrementa le aree di attrezzature e servizi e una piccola area a verde. (Tav. 1.1).

L'84% delle aree di variante non supera i 5.000 mq e di queste 53 sono comprese fra 100 e 1.000 mq, 47 fra 1.000 e 2.000 mq, 36 fra 2.000 e 5.000 mq e 12 sono inferiori a 100 mq.

Delle superiori ai 5.000 mq, 16 sono comprese fra 5.000 e 10.000 mq, 9 fra 10.000 e 20.000 mq e solo 4, tutte appartenenti alla zona artigianale-industriale, sono al di sopra dei 20.000 mq.

L'espansione residenziale ricade per il 53% (63 punti) su terreni ghiaioso sabbiosi (GSI), per il 14% (17 punti) su sabbie e limi argillosi (SI ag), per il 20% (24 punti) su limi e argille sabbiose (Lasgt), per il 12% (14 punti) su sabbie e sabbie limose (SSI) e l'1% sui depositi delle bassure del Reghena (GsLa), mentre rispetto al sottosuolo gli interventi si ripartiscono equamente sulle due litofacies ghiaioso sabbiose (Gsla) e sabbioso argillose (SgAl). Il 67% degli stessi punti destinati all'espansione residenziale ricade su falda superficiale compresa fra 0 e 2 m e il restante 33% su falda approfondita oltre i 2 m dal piano campagna.

Il 79% giace su un substrato che ha fornito alle prospezioni sismiche di tipo MASW, a - 30 m, una velocità delle onde S > 360 m/s, corrispondente alla categoria di terreni B, mentre il restante 21% sovrasta un substrato di categoria C, con valori delle V_{s30} < a 360 m/s.

Dei 119 punti riguardanti sempre l'ampliamento dell'edificato, 7 sono esondabili, ma uno solo non edificabile, e 3 parzialmente esondabili, secondo i rilievi del P.A.I., 6 esondabili e 5 parzialmente esondabili sulla base delle verifiche proposte dalla variante 11 al PRGC e uno solo esondabile secondo i rilievi del Consorzio Cellina-Meduna.

L'ampliamento artigianale-industriale ~~non~~ ricade in parte in zona esondabile.

3. GEOMORFOLOGIA

L'assetto territoriale si deve ad una serie di azioni consequenziali intervenute in condizioni e tempi molto diversi, legati ad eventi antichi naturali, seguiti da ingerenze a carattere prevalentemente antropico (*Tav.1.2*).

Il primitivo piatto megaconoide (*megafan*) forgiato dal Tagliamento ostacola in qualche modo gli apporti alluvionali del sistema Cellina-Meduna ed imprime al territorio una configurazione decisamente pianeggiante. Sulla sua superficie di spaglio il grande collettore divaga ripetutamente, producendo vaste incisioni, la cui impronta si legge nelle strisce ghiaiose che si avvicinano su cammini di percorrenza via via divaricati verso est, a partire da S. Vito.

In tempi successivi, una volta che il Tagliamento abbandona i suoi rami di piena più ad occidente, sui canali residuali si impongono in progressione le azioni terrazzanti del sistema del Lemene che ravvisa nel Reghena, suo maggiore tributario, i segni di una importante assoltatura per adeguarsi allo stesso livello di base ed insieme superare il forte gradiente rispetto alla linea di costa. Sono proprio questi vistosi affossamenti del Reghena, ma anche dei suoi immissari minori, le maggiori discontinuità del piano, interrotto da avvallamenti più o meno marcati, ai piedi di vecchi piani terrazzati, resi meno spigolosi dai molteplici interventi agricoli ed insediativi. I dossi, ora impercettibili all'occhio, ora più visibili, si intervallano, scollati dall'uniformità primitiva del piano, in direzioni diverse, impresse dalle strutture meandreggianti degli antichi alvei di percorrenza.

Alle evidenze morfologiche prodotte dalla rete drenante di risorgiva si associa tutta una serie di paleostrutture in parte sovrapponibili ai percorsi attuali delle rogge e in parte indipendenti, ma il più delle volte mascherate dalla sedimentazione olocenica e dagli attuali molteplici elementi di artificialità che ne impediscono il riconoscimento. Ci si riferisce agli antichi percorsi del Tagliamento che per primi hanno disegnato l'assetto del territorio, delineandone le vie di raccolta preferenziale delle acque.

L'impronta più manifesta è ancora nettamente visibile nei bacini che hanno sfruttato le morfologie incise del grande fiume: il Lemene, fino all'altezza di Portovecchio, e il Reghena, sino a Summaga.

Ramuscello, così come anche Bagnarola, si ergono sui dossi sabbiosi ai margini delle antiche rotte tilaventine segnate da una estesa e percettibile depressione che asseconda il tracciato sinuoso dove si sono impostati gli attuali corsi di risorgiva. Il dosso più visibile corre in senso meridiano lungo il settore centrale del nucleo abitativo di Ramuscello dopodichè prosegue verso sud e coinvolge il piccolo agglomerato urbano di Casette. Bagnarola, invece, si eleva a mo' di spartiacque fra il solco della Versa e quello del Sestian, separando nettamente la via di rotta battuta dal Tagliamento fino a tempi relativamente recenti da quella più occidentale, abbandonata definitivamente dopo l'avulsione del fiume all'altezza di Cordovado e il passaggio alla via preferenziale della Ligugnana (*Fontana 2002*). In questa zona sono frequenti anche cavità artificiali per sfruttamento della ghiaia. Sul ramo occidentale della stessa rotta di Gleris, il piccolo nucleo di Venchiaredo si affaccia sulla stretta infossatura della roggia omonima, attestandosi sulla sommità di uno dei dossi più marcati del territorio. Per buona parte del suo breve tragitto, questa roggia procede fortemente incassata entro ripide scarpate ghiaiose che segnano i tratti di maggiore rottura dell'assetto morfologico e ne sottolineano i pregi dal punto di vista paesaggistico.

Il sistema inciso del Reghena scorre entro l'ampia bassura del settore centro occidentale che culmina nell'avvallamento delle Melmose, compreso fra il Caomaggiore e il Sestian, e digradante verso quest'ultimo nel passaggio dalle Melmose Alte alle Melmose Basse, ad ovest - nord ovest di Marignana. Nel tratto compreso fra la Roggia Versiola e il Reghena e nell'estremo settore occidentale, la superficie più antica, risalente al Pleistocene finale, porta i segni di una estesa omogeneità morfologica e sedimentaria, intaccate quasi unicamente dalla pedogenesi e dalle pratiche agrarie che ne hanno mutato i suoli a livello tessiturale e topografico, senza influire macroscopicamente sull'assetto della piana.

Rimane invece il microrilievo dell'originario conoide tilaventino, inciso dai piccoli corsi di risorgiva e dalle linee di drenaggio artificiali che individuano sottili depressioni coincidenti con il loro alveo attuale, per la scarsa possibilità di produrre sensibili rimodellamenti del paesaggio. Così è per il sistema della Versiola, ad est di Sesto, e, sull'estremo lembo occidentale del territorio, per il Fosso Cornia, che, prima di raggiungere ed alimentare il Loncon, scorre su un alveo in gran parte rettificato, al centro di un modesto avvallamento.

3.1 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO (DTM)

Il modello digitale del terreno offre un ulteriore motivo di lettura morfologica del territorio nel suo insieme e, se associato ad altri strumenti di verifica, può costituire un valido supporto nella analisi di alcune problematiche soprattutto di natura idraulica.

La distribuzione e l'assetto idrografico sul territorio risultano ad esempio particolarmente incisivi, rispetto alla funzione collettrice dei canali. I corsi naturali fluiscono in genere in alvei incassati entro zone depresse, accogliendo le acque meteoriche di ruscellamento che sgrondano da vasti ambiti circostanti. Questo stato di cose può presentare il vantaggio, in alcuni casi, di ridimensionare gli effetti dovuti a limitati eventi esondativi, ma in altri può, al contrario, ingenerare fenomeni di stagnazione idrica. L'azione risulta, ad esempio, funzionale in concomitanza degli abitati esistenti che, fatta eccezione per alcuni nuclei isolati, occupano in massima parte le superfici sopraelevate sulle sommità o ai margini dei dossi, ma inefficace negli ambiti di avvallamento sul tratto meridionale del Lemene, nell'ampia area compresa fra il Reghena e il Caomaggiore, sul settore centro meridionale, e lungo il percorso finale del Rio Versiola, al centro.

In questi settori la morfologia gioca un ruolo senz'altro determinante sul potenziale dissesto idrogeologico e concorre, se non in modo vincolante, ma perlomeno indicativo alla valutazione di compatibilità o meno degli atti progettuali proposti dal PRGC.

4. IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

4.1 Descrizione della rete idrografica

Il territorio comunale è solcato da una serie di corsi di risorgiva che, alla fine, confluiscono nell' unico sistema del Lemene, dopo aver ricevuto l'apporto di una cospicua parte di acque freatiche provenienti dall'alta pianura pordenonese (Tav.1.2). Sul settore nord orientale della piana prende corpo il ventaglio di corsi prodotti dalla fusione di molteplici rigagnoli emersi nella fascia delle risorgive, a nord di San Vito e Casarsa. Di questi, la Roggia Versa, la cui origine si colloca ad est di Casarsa della Delizia, rappresenta il collettore che, più a valle di Sesto al Reghena, prende il nome di Lemene. Lungo il suo primitivo tragitto si arricchisce delle acque di alcuni rivoli e, giunta in territorio comunale di Sesto, riceve l'apporto di una piccola asta, l'Aga Sola, e prosegue verso Borgo Magredo, a sud ovest di Ramuscello, dove si scinde in due rami che si ricongiungono poco a sud, in corrispondenza di Borgo della Siega. Il ramo di levante riceve l'apporto della roggia di Gleris assieme al suo piccolo ma complesso sistema che drena buona parte del settore nord orientale del territorio. Il tributario più significativo di sinistra è la Roiuzza che prende corpo nell'intorno dell'abitato di Ramuscello e, dopo aver disegnato due successive ed ampie curvature si immette nel suo collettore dando luogo al rio Grandi Acque, su un tracciato pressoché rettilineo sino al segmento finale che asseconda la grande ansa in corrispondenza del complesso formante il mulino Rumiel in Borgo della Siega. Qui il rio Grandi Acque si unisce al ramo occidentale della Roggia Versa per dare vita al Lemene. A sud del borgo il fiume descrive una serie di piccole anse e al limite del confine comunale riceve le acque della Roggia Venchiaredo proveniente dalla zona acquitrinosa a nord della località omonima.

All'estremo bordo nord orientale il territorio è attraversato dalle prime scaturigini del rio Roiale, anch'esso tributario del Lemene, che nasce all'incrocio fra la strada provinciale San Vito-Portogruaro e la comunale di Ramuscello e, con il nome di Roggia dei Canedi, oltrepassa la bassura delle Pustote, prima di uscire dal territorio comunale. Per un breve tratto questa parte di campagna è drenata dalla Ligugnana che partendo dai Comunali posti a sud est di Santa Sabina margina i terrazzamenti delle Piane del Cuc, del Prà Cavallo e del Prà Grande, prima di entrare nella piana di Cordovado, dove si interseca con un complicato disordine di fossi e rivoli. Al sistema del Lemene confluisce anche la rete della Versiola, che costruisce il suo bacino autonomo ad ovest della Roggia Versa, generato, a nord di Vissignano, da un ventaglio di piccole diramazioni confluenti nel rio Versa, ad oriente, e nel Rigolo, sul settore opposto.

Il settore centro occidentale del comune è solcato dal sistema del Reghena, la cui area sorgentifera abbraccia un vasto territorio ed è dislocata su diversi settori di alimentazione che danno vita ad un ramo principale e a due diramazioni organizzate in piccoli sistemi.

La roggia attraversa il territorio comunale di San Vito con il nome di Sestian e, alimentata da una estesa zona palustre a sud ovest di Savorgnano, giunge in territorio di Sesto, dove assume la caratteristica portata del fiume e, in corrispondenza del capoluogo, anche il nome di Reghena. In questo tratto riceve il contributo della Roggia Acqua Villa che rappresenta il suo immissario più orientale. Poco a nord di località Villacucca si origina il Fosso Maglan che accompagna il canale Reghena con percorso parallelo fino al confine meridionale del comune.

Sul settore opposto si sviluppa il bacino tributario del Caomaggiore che drena la regione paludosa posta a sud di Casarsa e alimenta il suo ramo occidentale denominato Roggia del Molino. Quest'ultima, in prossimità di Sesto al Reghena, a Marignana, interseca i due rami orientali del Caomaggiore: la Roggia Selvata e la Roggia Bric. Il Caomaggiore, percorsi appena due chilometri si scinde di nuovo in tre rami, uno solo dei quali, l'orientale, dopo un breve tracciato rettilineo si immette nel Reghena in prossimità di Mure, mentre gli altri due confluiscono nello stesso collettore al di fuori del territorio comunale.

A ridosso del confine nord occidentale si origina e prende corpo il Fosso Cornia che, assieme al Fosso Melon, originato in prossimità Case Due Platani, rientra nel bacino superiore del Loncon, a cui apporta le sue acque, al di fuori del comune.

Accanto al sistema idrografico naturale tutto il territorio comunale è solcato da una fitta ed efficace rete drenante artificiale formata da fossi di scolo e canali regolati da opere di ripartizione delle acque sotto il controllo del Consorzio di Bonifica Cellina-Meduna.

4.2 Stato di manutenzione dei principali corsi d'acqua

L'assetto del territorio dipende in larga misura dalla rete idrografica che lo incide e ne determina, a seconda dei casi le più significative manifestazioni di dissesto, in caso di eventi meteorici di grande portata. Per fronteggiare le situazioni a rischio idraulico serve quindi una corretta analisi del territorio nel suo insieme, individuando le aree maggiormente soggette ad eventi esondativi e non solo, ma anche prevedere gli effetti di questi ultimi e stabilire le condizioni di sicurezza per le persone e gli abitati.

E' in quest'ottica che il Consorzio di Bonifica Cellina - Meduna procede ad una serie di verifiche idrauliche, dalle quali viene ricavata la carta delle esondazioni associata ai livelli di pericolosità idraulica definiti dal PAI, e con i progetti 39 bp del 2005 e 46 bp in corso, finanziati dalla Regione FVG, mette in atto interventi rivolti alle aste fluviali per il ripristino del deflusso e il consolidamento spondale (Tav. 1.2).

4.3 Superfici esondative

La rete idrografica comunale fa capo ai due sistemi già descritti del F. Reghena e del F. Lemene, su entrambi i quali lo studio geologico tecnico per la variante 11 al PRGC (1994), a firma del geologo Mario Fogato, riporta uno studio idraulico, per definire le superfici di esondabilità e gli spessori delle lame d'acqua, relativi ad eventi con diversi tempi di ritorno (Tav. 4.2).

Allo studio si sovrappone la successiva analisi dell'Autorità di Bacino Interregionale del Lemene che definisce il rischio geologico in base alla diversa pericolosità riferita alle lame d'acqua esondabile per eventi con Tr di 30, 50 e 100 anni (Tav. 4.1). La pericolosità rilevata corrisponde ad un rischio in relazione al quale le superfici, riportate nel Piano Stralcio, sono soggette ai vincoli posti dalle norme di attuazione del P.A.I. (Piano di assetto idrogeologico), redatto dall'Autorità di Bacino stessa.

Successivamente il Comune di Sesto al Reghena richiede la ridefinizione della mappatura dell'esondabilità proposta dall'Autorità di Bacino, in base all'art 6 del

P.A.I., e affida al Consorzio di Bonifica Cellina Meduna il compito di condurre una verifica idraulica fra il 2005 e il 2008, rispettivamente sul bacino del Lemene e sul Bacino del Reghena (tributario).

Sulla base dei risultati viene redatta una carta che riporta le superfici esondative per i tempi di ritorno riportati in cartografia (Tav. 4.3).

Il P.A.I., che rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo di pianificazione cui ci si deve riferire per le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Lemene (*art 1*), riporta sul territorio di Sesto al Reghena tre aree distinte rispetto alle condizioni di pericolosità idraulica:

- Pericolosità moderata (P1) con $Tr=100$ anni e lama d'acqua >0 m, presente in piccoli ambiti legati principalmente alla roggia Versa e alla Roggia di Gleris, ad est di Vissignano e in subordine al Lemene, a sud di Borgo della Siega.
- Pericolosità media (P2), con $Tr=50$ anni e lama d'acqua compresa fra 0 e 1 m, presente in una vasta estensione fra il Caomaggiore e il Reghena, a sud della zona industriale del capoluogo, in un'area più contenuta a valle dell'abitato di Versiola e lungo tutto il sistema del Lemene, a partire da Ramuscello-Vissignano.
- Pericolosità elevata (P3), con $Tr= 50$ anni e lama d'acqua $> 1,00$ m, presente in piccole estensioni ai margini degli abitati di Bagnarola e di Ramuscello ed in una più vasta area a sud del Capoluogo, in sponda destra del canale Reghena.

Le superfici esondative delineate dagli studi della Variante 11 e del Consorzio Cellina-Meduna, non essendo esattamente sovrapponibili con quelle cartografate dal P.A.I., si aggiungono, per la parte non coincidente, alla mappa degli ambiti di pericolosità, stabiliti secondo i criteri e i vincoli imposti dalle norme di attuazione del P.A.I. stesso.

5. IDROLOGIA SOTTERRANEA

Il comune è posto a sud della linea ideale delle risorgive, ma rientra ancora con buona parte del suo territorio nella cosiddetta fascia delle risorgenze, che qui prendono corpo e si traducono nei numerosi corsi d'acqua incisi nel complesso alluvionale.

Nel substrato più prossimo alla superficie topografica il flusso sotterraneo, che accompagna i molteplici livelli di materiale permeabile, si innesca, digitandosi entro i termini più fini in un avvicinarsi di numerosi corpi idrici (sistemi *multifalde*), seguiti alla frammentazione dell' unica grande falda scorrente nel sottosuolo dell'alta pianura. Lo scorrimento idrico sotterraneo è estremamente irregolare, per l'eterogeneità stratigrafica del materiale, disposto in lenti embriciate e varie per composizione granulometrica. In queste condizioni si producono deboli livelli di falda in alcuni casi scorrente su un letto di banchi argillosi superficiali, in altri sospesa entro deboli livelli granulari interclusi fra orizzonti impermeabili. Si tratta spesso di livelli acquiferi pseudo artesiani, in cui la diversa permeabilità degli strati imprime al carico d'acqua una pressione e quindi una certa capacità di salienza che normalmente cresce con la profondità.

In tutto il territorio si sono definiti in linea di massima due diversi livelli di minima profondità della falda, corrispondenti a 0-2 m e >2 m , distinti in base alle notizie raccolte su pozzi irrigui esistenti sul territorio e ai risultati dei sondaggi meccanici condotti in precedenza, messi a confronto con i dati emersi dall'indagine odierna (Tav.3.1).

6. LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Il territorio è attraversato in senso meridiano da una serie di depositi di età diversa, ma tutti associati in modo più o meno diretto alle alterne azioni del Tagliamento, la cui antica superficie di spaglio si spinge ad ovest fin oltre il comune.

A partire da occidente si succedono le facies legate al primo grande ciclo di sedimentazione e ne rappresentano il prodotto di maggior affinamento del materiale, deposto sulle falde meridionali del conoide tilaventino.

I depositi sono essenzialmente limoso-argillosi, marginati da plaghe più marcatamente sabbiose e ghiaiose e ricoprono omogeneamente l'area compresa fra il confine occidentale e il bacino sorgentifero del Reghena, fatta eccezione per la superficie che segue il tracciato dei tributari di destra e una striscia strettamente aderente al Fosso Cornia, sull'estremo lembo a nord ovest del territorio. Queste bande, depresse rispetto alle zone circostanti, racchiudono un insieme di sedimenti ghiaiosi eterogenei e variamente commisti con sabbie limi, frutto di manifestazioni erosive e di rideposizione più recenti ed autonomi rispetto agli eventi tilaventini più antichi.

Spostandosi verso oriente il complesso prettamente limoso-argilloso subisce un rimaneggiamento ad opera dei corsi d'acqua principali che distribuiscono sulla superficie, in forma di lievi dossi appena percettibili, materiale via via più sabbioso, all'intorno dei due solchi ghiaiosi che segnano gli antichi alvei di percorrenza del Tagliamento.

In sintesi 5 sono le litofacies che disegnano il mosaico di terreni ripartiti sull'intero territorio e descritti, di seguito al dettaglio, nella loro individualità, utilizzando le sigle riportate nella allegata cartografia (Tav. 2.2).

Lasgt: depositi essenzialmente limoso argillosi e sabbiosi, talora infrigiditi da acque di sorgiva, con ciottoli dispersi e localmente con torba.

Rappresentano circa il 36 % del territorio di cui occupano il settore occidentale e centro occidentale e piccoli lembi, entro i solchi ghiaiosi orientali, il tutto deposto in epoca più antica (Diluviale) da acque ricche di torbide prevalentemente argillo-limose. Lo spostamento dell'asse tilaventino verso est divide questo complesso che si erge impercettibilmente sul piano, intaccato anche dalle correnti di risorgiva che in epoca alluviale vi hanno scavato le loro estese bassure, nel lembo più meridionale.

I termini prevalenti sono com'è ovvio e limo commisto con argilla e sabbia, in genere nel rapporto del 20 e 40%, e derivati probabilmente da formazioni marnoso arenacee naturalmente decalcificate. La presenza più o meno marcata di sabbia imprime una tinta grigiastrea, mentre in generale il complesso prettamente limoso argilloso risulta giallastro per l'alterazione prodotta dagli idrati di ferro.

Sul margine occidentale del territorio, nella fascia che si allunga da case Banduzzo a I Platani, i depositi, localmente infrigiditi dalle acque di risorgiva, sono associati talora a plaghe torbose, altre volte a ghiaie affioranti dalle arature più profonde, laddove i componenti fini superficiali poggiano a breve profondità su un substrato più grossolano.

Il passaggio alle bassure non è mai netto, ma segue morfologicamente un lieve declivio, segnato da una presenza via via più consistente di ghiaie inglobate nei depositi limoso argillosi.

SLag: depositi sabbiosi con limi argillosi rimaneggiati e presenza locale di ghiaie.

Si estendono in continuità con le alluvioni più antiche di cui rappresentano il complesso rimaneggiato per deposizioni tilaventine più recenti, sui due margini occidentale ed orientale e in alcuni nuclei corrispondenti grosso modo a parte dei bacini del rio Versiola e del Venchiaredo settentrionale, su un'estensione pari al 20% dell'intero territorio.

I terreni assumono nel loro insieme un diverso grado di scioltezza: maggiore dove prevale la matrice sabbiosa che, con il suo carico di calcio e magnesio, imprime al deposito una relativa porosità, minimo dove limo e argilla superano il 10% e conferiscono maggiore compattezza al deposito stesso.

Anche qui non è raro l'affioramento di ghiaie portate alla luce da arature oppure sepolte da una sottile copertura di terreno umifero. L'orizzonte organico è presente a macchia d'olio ed il suo spessore varia da luogo a luogo, a seconda delle condizioni che hanno prodotto la sedimentazione: da accumuli cospicui di torba nelle aree depresse, a semplici velature umifere superficiali distinte solo per una lieve colorazione brunastra assunta dal deposito.

I suoli sabbioso limosi e argillosi vanno scemando man mano ci si sposta ad oriente, segnando un passaggio graduale e poco visibile ai termini ghiaiosi di più recente deposizione, sul settore occidentale, e ai complessi sabbioso e ghiaioso in corrispondenza dell'asse congiungente i nuclei abitativi di Vissignano, Bagnarola e Versiola, mentre sull'estremo lembo orientale accompagnano, in varie commistioni, i più recenti depositi ghiaiosi tilaventini.

Ssl: depositi sabbiosi e sabbioso limosi, localmente in matrice limo argillosa.

Rappresentano il 3,5 % del territorio e sono il frutto di più recenti divagazioni del corso del Tagliamento, spinto sin qui dai suoi rami di piena occidentali fino in epoca storica. I depositi essenzialmente sabbiosi e sabbioso limosi si affiancano, sul bordo orientale alle due strisce ghiaiose allungate in direzione Gleris –Cordovado: l'una incisa dalla Roggia di Gleris ed estesa da Casali Brusat a Casali Venchiaredo, fino al confine comunale, passando per Borgo Magredo e Borgo della Siega, l'altra sviluppata tra S. Sabina, a nord, e Casette, in prossimità di Cordovado, a sud.

Le sabbie sono sempre associate, in percentuale più o meno sensibile, ai limi e localmente alle argille, ma non mancano anche accentramenti di ghiaie minute o ciottoli che aumentano gradatamente in prossimità dei lembi ghiaiosi entro i quali sfumano a volte in modo poco tangibile.

Il termine di passaggio verso il complesso antico è più netto, perlomeno lungo il Rio Versiola che segna un confine preciso per tutto il tratto meridionale, da Bagnarola al limite del territorio comunale.

L'aspetto dei terreni è abbastanza uniforme: la colorazione è chiara, impressa dall'abbondanza di materiale sabbioso che supera quasi sempre il 70%, mentre la parte restante è ripartita fra componenti più fini e grossolane. Trascurabile risulta la ghiaia, che pure, a lungo raggio, conferisce una particolare fisionomia al deposito disseminato da ciottolini.

GSI: depositi ghiaiosi con sabbia in matrice limosa.

Sono il prodotto di recenti deposizioni del Tagliamento e coincidono con i rami di piena del fiume, frequentati fino in epoca storica, prima che il corso si insediasse nell'alveo attuale e lì vi rimanesse, costretto dalle arginature.

Occupano un'area pari al 38% del territorio e si insinuano in forma di una stretta striscia ai bordi del Fosso Cornia, una vasta plaga coincidente con parte del bacino settentrionale del F. Reghena e due lingue allungate in senso nord-sud, sul settore orientale del comune, fra Ramuscello e Cordovado, entro i termini più fini sabbioso limosi coevi, assieme ai quali concorrono a formare la tipica paleomorfologia fluviale della bassa pianura. Ghiaie e sabbie formano infatti le strutture di riempimento dell'antico alveo monocursale ad andamento lievemente sinuoso (wandering), compreso tra argini naturali sabbioso limosi.

Le superfici d'alveo sono incavate rispetto alle litofacies sabbioso limose e segnate da estesi terrazzamenti, più vistosi a sud di Ramuscello, dove i piani di terrazzo si ergono di due e anche tre metri. Frequentemente alle assolcature naturali si accompagnano ulteriori affossamenti, impronte di vecchie cave in disuso.

GsLa: depositi eterogenei, ghiaioso sabbiosi e limo-argillosi variamente commisti o alternati fra loro.

A questo complesso spetta il rimanente 2,5% del territorio, corrispondente alle superfici depresse che accompagnano i corsi del Reghena e del Caomaggiore, nel settore centro meridionale.

Alle argille, dominanti nell'ambito più antico circostante, subentra un insieme eterogeneo di sedimenti prodotti dai solchi erosivi delle correnti di risorgiva che hanno deposto materiale ghiaioso sabbioso, alternato, ma anche variamente commisto, al materiale più fine rimaneggiato.

La successione in senso areale non segue alcuna regola, cosicché vi possono apparire lenti sabbioso-argillose sostituite a breve distanza da accentramenti di materiale più grossolano o ancora lembi argillosi con interclusioni di ghiaietto, a volte anche in percentuale abbondante.

Disseminate entro il complesso, fanno la loro comparsa vaste plaghe di materiale umifero, in forma di velature brunastre ricoprenti le ghiaie oppure di livelli torbosi più consistenti, commisti alle argille.

7. LITOLOGIA DEL SOTTOSUOLO

La distribuzione litologica nell'ambito del territorio ripresenta sostanzialmente le stesse associazioni superficiali, semplificate in due litofacies che si dividono il territorio in parti pressoché equivalenti: in una le componenti prioritarie sono sabbie e ghiaie, accompagnate a percentuali diverse di limi ed argille, nell'altra prevalgono sabbie e limi argillosi variamente commisti fra loro e localmente associati a ghiaietto (Tav. 2.3).

Individualmente le due litofacies, rispetto al materiale indicato dalle prospezioni e alla loro distribuzione sul territorio vengono così definite:

SgAL: depositi prevalentemente sabbioso limosi ed argillosi, localmente sabbioso ghiaiosi con limo e argilla

E' il complesso prevalentemente fine più antico, rimaneggiato in vario modo negli strati superficiali e nelle aree prossime alle lingue ghiaiose di più recente deposizione.

Occupava gran parte del settore centro-orientale e meridionale, includendo gli abitati di Versiola, Sesto al Reghena, Mure, Marignana e, parzialmente, Bagnarola.

I termini prevalenti sono sabbie da sciolte a ben addensate, alternate o variamente commiste a limi argillosi ed argille limose. Gli orizzonti più fini sono nettamente dominanti nel settore occidentale, fra il capoluogo e il territorio a nord della località Banduzzo dove spesso gli strati argillosi includono livelli più o meno consistenti di materiale torboso.

L'area corrispondente alla zona industriale di Sesto, così come il margine ad ovest dell'abitato di Bagnarola e nell'intorno di Versiola figurano ambiti di passaggio alla litofacies ghiaiosa, per la presenza più marcata di orizzonti grossolani frequenti nei livelli prossimi alla superficie o, localmente, in piccoli nuclei più approfonditi.

GSla: depositi ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi variamente alternati o commisti a limi sabbiosi e argillosi.

Ricoprono il margine orientale del territorio dove ricadono gli abitati di Ramuscello, Vissignano, gran parte di Bagnarola e Casette ed un nucleo centro settentrionale intercluso entro il più vasto complesso di materiale fine, nella zona delle Melmose.

Ghiaia e sabbia si spartiscono una percentuale pressoché uguale nell'ambito del substrato, sempre associate a quote variabili di limi argillosi e sabbiosi. Il complesso è generalmente più grossolano nell'intorno di Ramuscello, dove le lingue ghiaiose raggiungono potenze maggiori, mentre man mano si procede verso sud, la frazione sabbiosa si fa più marcata e, in prossimità di Casette, a margine del confine sud orientale, sostituisce gradatamente la ghiaia.

Rimane decisamente importante anche la frazione di fine, che, in forma lenticolare, per spessori di 1-2 metri, alternati a sabbia, occupa qualche orizzonte consistente del substrato.

E' il caso di Bagnarola, che si trova al limite con il complesso sabbioso limoso, entro il quale sfuma con gradualità e, a volte, in forma impercettibile, cosicché, nell'arco di pochi metri si verificano condizioni litostratigrafiche di estrema discordanza.

8. COMPRESSIBILITA' DEI DEPOSITI

La presenza diffusa di materiale sabbioso limoso ed argilloso su buona parte del territorio e spesso dominante nei primi dieci metri del substrato segnala possibili problemi di assetto statico. Argilla e limo in percentuale sostenuta causano fenomeni di compressibilità, ingenerando cedimenti, mentre gli orizzonti sabbiosi e sabbioso limosi possono dar luogo a liquefazione del materiale se sottoposti a sollecitazioni cicliche.

La mappatura delle Resistenze alla punta (R_p) medie, ricavate dalle prove penetrometriche nei primi 5 metri al di sotto della superficie topografica, consente una visione grafica globale ed indicativa del comportamento meccanico del substrato. Attraverso una correlazione che lega i valori di q_c (R_p) al coefficiente di compressibilità volumetrica si ottiene una stima delle caratteristiche di compressibilità dei terreni coesivi, tradotte nella relativa carta (Tav. 2.6).

L'analisi della cartografia, che riporta una scala di colori a partire dal rosso, attraverso il giallo e le varie tonalità di azzurro, fino al verde, cui corrispondono i relativi valori del coefficiente m_v , avverte il possibile verificarsi di problemi di compressibilità, più sentiti negli estesi ambiti occupati dalle litofacies superficiali limoso argillose e sabbiose con torba (*Lasgt*), ma anche nei depositi sabbioso limosi rimaneggiati (*S/ag*) e in quelli sabbiosi e sabbioso limosi, localmente in matrice limo argillosa (*Ss/l*).

In particolare il nucleo di depositi a più elevata compressibilità si accentra in località Braidacurti, incluso entro un vasto ambito ancora compressibile che investe i numerosi casali sparsi sul settore occidentale del comune.

Altre tre ampie superfici emergono rispettivamente a sud di Sesto al Reghena, in corrispondenza dell'abitato di Bagnarola e sul margine orientale del territorio, a partire da Ramuscello Vecchio.

In tutti questi casi, dove lo spessore degli strati fini diventa determinante per la staticità delle opere, è necessario valutare di volta in volta la qualità e la consistenza dei materiali compressibili, mediante indagine geotecnica al dettaglio, che ne delinei accuratamente il comportamento geomeccanico, ne verifichi la portanza e l'entità dei cedimenti, in relazione ai carichi indotti dalle strutture di progetto, per una corretta scelta delle relative soluzioni fondazionali.

9. LIQUEFAZIONE

In concomitanza con sollecitazioni cicliche, i livelli sabbioso e sabbioso limosi, senza peraltro escludere anche le argille sciolte, possono subire perdite di resistenza per effetto dell'incremento nelle pressioni interstiziali e dar luogo così a fenomeni d'instabilità, con liquefazione dei depositi.

Considerata l'eventualità che si verifichino sollecitazioni sismiche, è stato valutato il potenziale di liquefazione, usando diversi procedimenti (vedi Studio geologico tecnico per la variante generale al PRGC) messi a confronto, che permettono di ricavare il fattore di sicurezza F_s al di sopra del quale viene esclusa la possibilità di liquefazione.

I risultati escludono il verificarsi di fenomeni di liquefacibilità del materiale. Tuttavia, se si considera l'estrema variabilità dei parametri geotecnici nell'ambito degli stessi depositi sabbiosi, il diverso spessore dei livelli e la distribuzione più o meno estesa sul territorio e, non ultima in ordine d'importanza, la presenza di una falda localmente prossima alla superficie topografica, sugli ambiti cartografati nella carta litologica di superficie (*Tav. 2.2*) con i simboli *Lasgt*, *Ss/* ed *S/ag* è necessario operare le dovute e dettagliate verifiche geotecniche, in relazione all'andamento stratigrafico riscontrato negli interventi specifici.

10. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

L'OPCM 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 Suppl. 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.

Dati storici

Per quanto riguarda le caratteristiche sismiche della zona il territorio comunale di Sesto al Reghena si colloca all'interno di una enorme fascia interessata in passato da eventi sismici di media intensità di cui il più intenso documentato (6° grado della Scala Mercalli) fu il sisma del 1976, con epicentro a nella zona di Lusevera. Altri fenomeni sismici che interessarono la zona in oggetto si sono manifestati negli anni 1873, 1928. I database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (denominato DBMI04) fornisce le informazioni relative agli eventi che hanno interessato il territorio nazionale fino al 2002.

Storia sismica di Sesto al Reghena (PN) [45.846, 12.815]

Osservazioni disponibili: 3

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	Rt	Rt1
6	1976	05	06	20			FRIULI	9-10	6.43	DOM	GDTSP
5	1873	06	29	03	58		Bellunese	9-10	6.33	CFTI	BOA997
5	1928	03	27	08	32		CARNIA	8-9	5.75	DOM	BAA990

Tabella 1: storia sismica del comune (fonte catalogo DBMI04)

Definizioni

Is: Intensità al sito (MCS – scala Mercalli - Cancani - Sieberg)

AE: denominazione area con i maggiori effetti

Io: Intensità epicentrale (MCS)

Mw: Magnitudo momento

Rt1: fonte bibliografica

Nelle pagine seguenti si riportano alcune informazioni sulla "storia sismica" del territorio comunale tratte dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia". Nella Fig.1 si riporta la Carta di Pericolosità Sismica elaborato dall'INGV

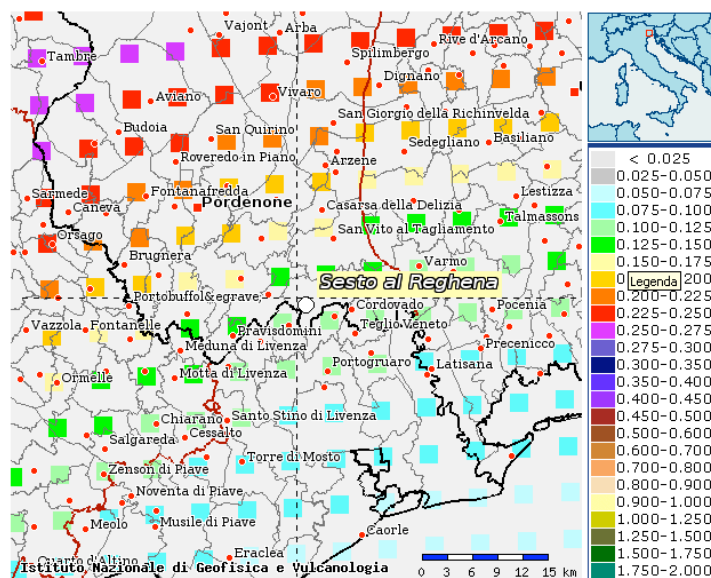


Figura 1: Mappa della pericolosità sismica PGA con probabilità di ritorno del 10 % in 50 anni.

10.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

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. Sulla base di tale Ordinanza il comune di Sesto al Reghena è classificato in zona sismica 3. 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.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$> 0,25$
2	$0,15 - 0,25$
3	$0,05 - 0,015$
4	$< 0,05$

Tabella 2: estratto Allegato 1 OPCM 3274

10.2 Azione sismica

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

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

In tabella 5 sono ricavate le forme spettrali per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni. Più precisamente il baricentro del Comune in esame presenta le caratteristiche in tabella. Lo spettro elastico su un terreno di classe A risulta avere la forma:

a_g	0.1246	m/s^2
F_0	2.52	
T_c^*	0.37	sec

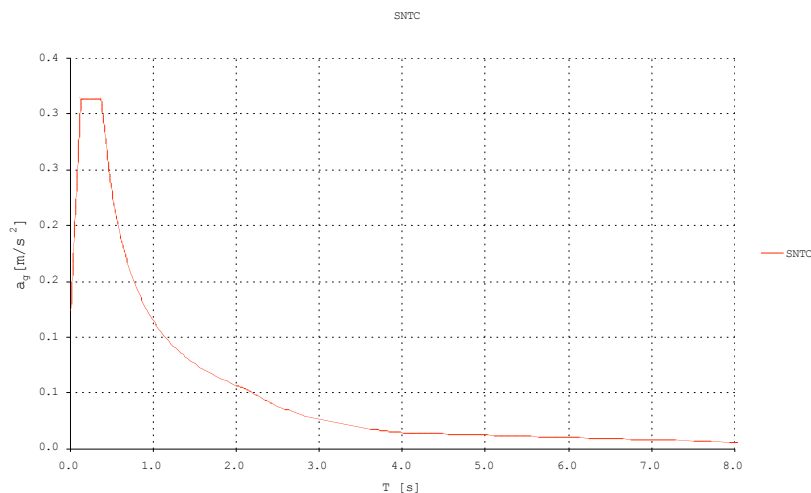


Figura 2: Spettro di risposta elastico per il Comune di Sesto al Reghena ricavato sulla base dell'accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Categorie di suolo di fondazione

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

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3: categorie del suolo di fondazione.

Sono state definite anche due categorie particolari per le quali sono necessari studi specifici per la definizione dell'azione sismica.

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 fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

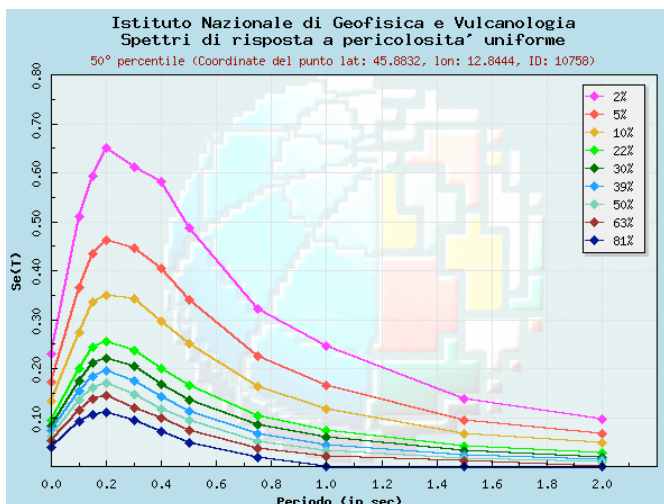
Tabella 4: categorie del suolo di fondazione – casi particolari

Spettri di risposta a pericolosità uniforme 50° percentile (Coordinate del punto lat: 45.8832, lon: 12.8444, ID: 10758)										
Periodo (in sec)										
0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
0.2305	0.5101	0.5936	0.6514	0.6105	0.5825	0.4885	0.3217	0.2457	0.1377	0.0967
0.1714	0.3645	0.4351	0.4630	0.4464	0.4044	0.3396	0.2250	0.1660	0.0936	0.0665
0.1338	0.2742	0.3364	0.3498	0.3424	0.2973	0.2497	0.1624	0.1175	0.0668	0.0477
0.0944	0.1994	0.2429	0.2560	0.2361	0.2006	0.1651	0.1042	0.0737	0.0417	0.0282
0.0820	0.1749	0.2109	0.2217	0.2042	0.1678	0.1353	0.0839	0.0598	0.0313	0.0189
0.0725	0.1540	0.1850	0.1953	0.1738	0.1424	0.1132	0.0657	0.0447	0.0223	0.0148
0.0626	0.1351	0.1598	0.1704	0.1481	0.1175	0.0947	0.0506	0.0314	0.0171	0.0091
0.0529	0.1159	0.1372	0.1438	0.1207	0.0990	0.0727	0.0368	0.0212	0.0110	0.0000
0.0396	0.0926	0.1052	0.1097	0.0944	0.0717	0.0479	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000

Fatta salva la necessità della caratterizzazione e geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente).

Tabella 5: Spettri di risposta a pericolosità uniforme per il nodo più baricentrico

te) entro i primi 30 m di profondità (Tav. 5.2) Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) NSPT₃₀ (definito



successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente Cu30 (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina.

Disaggregazione della pericolosità sismica

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

In particolare, è stato disaggregato il valore mediano di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), per il periodo di ritorno (RP) di 475 anni.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.740	33.300	1.640

Il dato torna utile per selezionare gli accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).

Tabella 6: Disaggregazione dei valori medi di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco(PGA), per il periodo di ritorno (RP) di 475 anni.

Sismogramma di progetto

L'input sismico è stato determinato attraverso un programma dell'Università di Brescia (SIMQKE) che genera accelerogrammi compatibili con un assegnato spettro di risposta per lo Stato Limite Ultimo (SLU) ricavato sulla base dell'accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (vedi Fig 2).

Per generare i sismogrammi bisogna poi introdurre i seguenti dati di input:

- TS: valore inferiore dello spettro di risposta desiderato
- TL: Largest period of desired response spectrum (valore superiore dello spettro di risposta desiderato)
- TRISE: inizio della parte stazionaria dell'accelerogramma
- TLVL: durata della parte stazionaria, min 10 s secondo NTC 2008
- DUR: durata totale dell'accelerogramma
- NCYCLE: numero di iterazioni per meglio regolarizzare lo spettro di risposta
- AGMX: accelerazione massima del terreno: viene impostata automaticamente
- NPA: numero di accelerogrammi statisticamente indipendenti da generare
- IIX: numero intero dispari che serve per iniziare la generazione casuale degli accelerogrammi
- AMOR: coefficiente di smorzamento viscoso

Secondo le NTC 2008:

La durata degli accelerogrammi artificiali deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica).

In assenza di studi specifici:

- la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s. Quindi $TLVL \geq 10$
- la parte pseudo-stazionaria deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, di modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s.

Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15s \div 1,5T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. I valori di default $TRISE = 10s$ e $DUR = 25s$ sembrano quindi appropriati per generare accelerogrammi secondo le indicazioni delle NTC. Gli accelerogrammi possono essere quindi esportati per essere utilizzati con il successivo modello di calcolo per le analisi dinamiche.

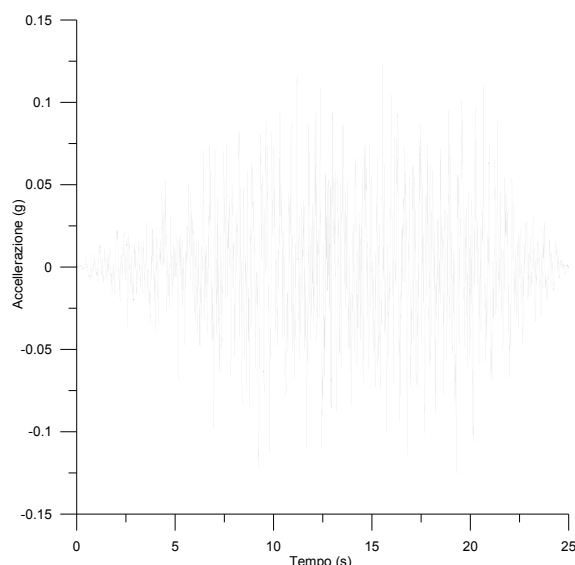


Figura 3: Il sismogramma utilizzato per il calcolo della risposta sismica locale

10.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE

E' stato necessario eseguire uno studio della risposta sismica locale (RSL) del territorio comunale; per RSL si intende l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso. Infatti tali strati possono modificare l'effetto del moto sismico sulle costruzioni che vi insistono e portare di conseguenza, a parità di altre condizioni, a maggiori danneggiamenti rispetto ad altri edifici localizzati su formazioni geologiche diverse. Ai fini della riduzione del rischio sismico è importante, quindi, individuare le aree di una determinata regione caratterizzate da una stessa risposta di sito, in cui si possono riscontrare analoghe ampiezze e frequenze (o periodi) di oscillazioni del suolo.

A tale scopo, possono distinguersi diversi approcci al problema in esame, il metodo da noi utilizzato si basa su modellazioni teoriche (codici di simulazione numerica).

Nel presente lavoro, quindi, al fine di valutare preliminarmente la RSL è stata effettuata un'analisi mediante l'utilizzo del codice di simulazione numerica DEEPSOIL ; in particolare,

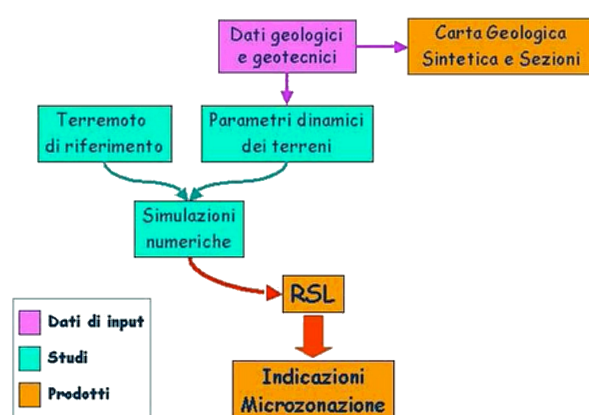


Figura 4: Schema dell'analisi della risposta sismica locale

lo studio eseguito è finalizzato alla stima quantitativa delle caratteristiche in termini di periodo/frequenza ed ampiezza, dello scuotimento sismico atteso in superficie.

Il piano generale delle attività prevede:

- Identificazione dei periodi predominanti del deposito superficiale;
- determinazione di un fattore di amplificazione del moto sismico.

Il prodotto finale è costituito da carte in cui sono individuate zone alle quali vengono attribuite indicazioni finalizzate ad una microzonazione sismica, da utilizzare nella pianificazione urbanistica e nella progettazione di manufatti.

Il modello DEEPSOIL

Il codice di calcolo utilizzato schematizza il deposito secondo uno schema a strati piano-paralleli continui ed omogenei approssimato secondo il modello viscoelastico linearizzato di Kelvin-Voigt che consiste di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio

corrispondente al bedrock su cui si applica verticalmente il moto di

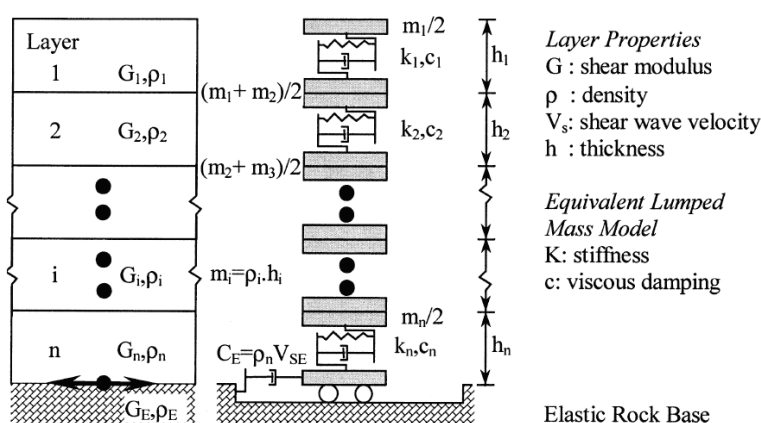


Figura 5: Schematizzazione del modello lineare equivalente

input.

Ogni strato è considerato omogeneo ed isotropo ed è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio iniziale G_0 e dal rapporto di smorzamento D ; la frontiera inferiore è considerata elastica in modo da evitare la formazione di onde spurie riflesse, che sporcherebbero il segnale come accade nel caso di base rigida.

Il processo di calcolo è iterativo ed utilizza per ogni iterazione l'analisi di Fourier, partendo dall'accelerogramma di input, calcolando lo spettro di Fourier applicato alla base di ogni strato e quello applicato in superficie attraverso la funzione di trasferimento e calcolando l'accelerogramma di superficie e i relativi spettri di risposta in accelerazione, velocità e spostamento.

Sedd, Idriss et alii. introducono il metodo di approssimazione lineare equivalente al fine di individuare la risposta non-lineare ciclica del suolo.

La procedura consiste nel calcolare ad ogni ciclo un valore di deformazione tangenziale mediamente rappresentativo della storia irregolare di deformazione del sistema ottenuto attraverso un'aliquota prefissata (tipicamente 0.67) del valore massimo della deformazione tangenziale calcolata rispetto al tempo. Uno schema di calcolo iterativo è richiesto per giungere alla convergenza (Schabel et al., 1972). Questo approccio ha fornito risultati che ben si accordano con le misure eseguite in sito ed è largamente usato nella pratica ingegneristica. Il modello utilizzato si chiama DEEPSOIL ed è stato sviluppato dall'Università dell'Illinois; si tratta di un modello monodimensionale non lineare che lavora nel dominio del tempo ma ha la possibilità di elaborare anche l'input sismico secondo un modello lineare equivalente nel dominio delle frequenze.

Nel nostro caso è stato utilizzato il metodo lineare equivalente i dati di input ricavati dall'analisi sismica MASW.

Il metodo di calcolo lineare equivalente è simile a quello implementato in SHAKE.

Dall'utilizzo del modello si ricavano in output parecchie informazioni:

- Accelerazione, Sforzo, Deformazione, Sforzo vs. deformazione, Spettro di Fourier, Rapporto di Amplificazione, Spettro di risposta, Profilo della PGA.

10.4 RISULTATI DELL'ANALISI DI RSL

Per l'esecuzione dell'analisi è stato utilizzato un accelerogramma su roccia definito con un approccio probabilistico. L'analisi di pericolosità dell'area è stata effettuata stimando i parametri di scuotimento del terreno, aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno equivalente di circa 475 anni).

Il periodo di ritorno utilizzato rappresenta un valore convenzionale adottato per la classificazione sismica in diverse normative internazionali (tra cui l'Eurocodice 8, ENV 1998-1-1). I risultati dell'analisi di pericolosità sono rappresentati da mappe di amplificazione massima e frequenza di risonanza e valori di pseudoaccelerazione al 5% dello smorzamento critico. Per quanto riguarda l'amplificazione (Fig 6) si nota che si registrano sul territorio fenomeni amplificativi dell'azione sismica per la presenza di terreni di categoria B e C. In particolare i valori massimi di amplificazione (> 4) si registrano nel settore nord-occidentale del territorio comunale.

In tali zone (Figura 8) si registrano anche i valori massimi di accelerazione attesa per un tempo di ritorno di 475 anni e pari a 1.2 g.

Per quanto attiene alla frequenza di risonanza del suolo (Fig. 7) tale dato è interessante legarlo alla frequenza di risonanza degli edifici.

Per le strutture la frequenza di risonanza è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula $10 \text{ Hz} / \text{numero dei piani}$ (cfr. es. Pratt).

Classe	Numero di piani	Freq. di risonanza [Hz]
A	1 - 2	10 - 5
B	3 - 5	5 - 2
C	> 5	< 2

Tabella 7: Classificazione degli edifici secondo il numero di piani e la frequenza di risonanza stimata in modo speditivo secondo la relazione generica $10 \text{ Hz} / \text{numero di piani}$

Fermo restando che si tratta di una semplificazione grossolana in quanto le frequenze naturali reali degli edifici vanno misurate sperimentalmente, possiamo stabilire che sono da attendersi condizioni di doppia risonanza quando:

freq. naturale edificio $\approx$ frequenza naturale coperture

Come ulteriore sintesi si propone una classificazione degli edifici in base al numero di piani come tabella 7.

La cartografia relativa (Figura 9) ci mostra come l'edificato tipico del territorio comunale (abitazioni di 1-2 piani) possa soffrire del fenomeno della risonanza sismica lungo la fascia centrale del territorio secondo la direttrice NW a SE. Al di sotto di questa fascia la risonanza si ha solo per edifici più alti (fra 3 e 5 piani).

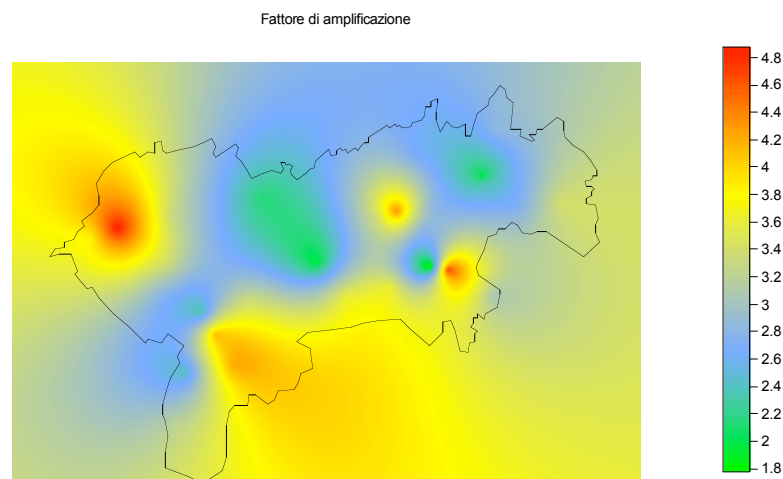


Figura 6: Mappa dell'amplificazione massima.

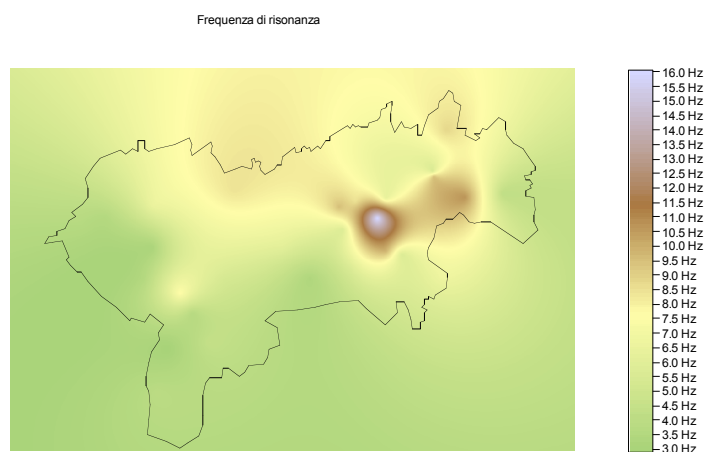


Figura 7: Mappa della frequenza di risonanza.

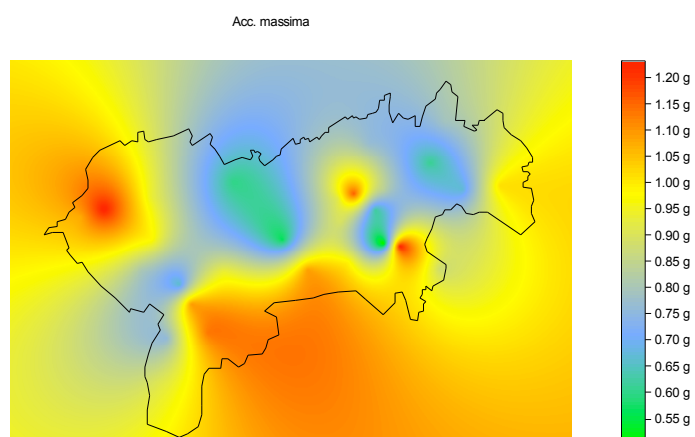


Figura 8: Mappa dell'accelerazione massima al suolo ($T_r = 475$ anni).

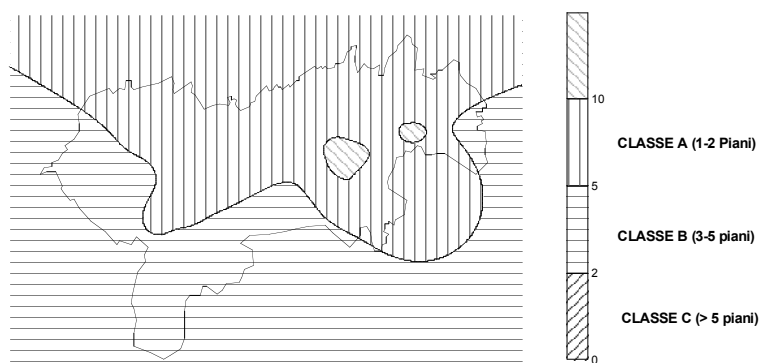


Figura 9: Suddivisione del territorio in funzione della frequenza di risonanza delle diverse classi di edifici.

15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli interventi contenuti nella presente variante n° 28 sono distribuiti su tutto il territorio, in 177 punti riportati, al paragrafo 3. *Previsioni di variante*, nella tabella riassuntiva che ne esamina l' inserimento negli ambiti litologici ed idrografici di seguito riportati in una sintesi territoriale conclusiva assieme agli aspetti di rischio geoidrologico legati ai vincoli di fattibilità:

- la superficie comunale, pari a circa 39 Km², ha un assetto generalmente pianeggiante, accompagnato ad assolcature, in corrispondenza dei corsi di risorgiva, e a dossi, prodotti dalle alluvioni tilaventine durante le fasi migratorie dell'asse fluviale ;
- l'idrografia di superficie fa capo ai due sistemi principali del Lemene e del Reghena che si uniscono al di fuori del territorio comunale. I due corsi, assieme ai loro tributari producono superfici esondative, perimetrare nel corso del precedente Studio Geologico relativo alla Variante 11 al PRGC del 1994, riviste dall'Autorità di Bacino del Lemene e inserite nel Piano Stralcio del 2002, riproposte da uno Studio Idraulico condotto dal Consorzio Cellina-Meduna tra il 2005 e il 2008;
- a seguito di alcuni finanziamenti regionali, sui corsi d'acqua si sono recentemente operati estesi interventi sistematori a carattere idraulico, per la regimazione delle acque, e opere di difesa, a controllo delle erosioni di sponda;
- i dati prospezionali hanno consentito la delimitazione di due aree con minima profondità del livello freatico: l'una compresa fra 0 e 2 metri e l'altra > di 2 metri;
- la litologia di superficie suddivide il territorio comunale in cinque litofacies:
 1. *Lasgt: depositi essenzialmente limoso argillosi e sabbiosi, talora infrigiditi da acque di sorgiva, con ciottoli dispersi e localmente con torba*
 2. *SLag: depositi sabbiosi con limi argillosi rimaneggiati e presenza locale di ghiaie.*
 3. *Ssl: depositi sabbiosi e sabbioso limosi, localmente in matrice limo argillosi*
 4. *GSI: depositi ghiaiosi con sabbia in matrice limosa.*
 5. *GsLa: depositi eterogenei, ghiaioso sabbiosi e limo-argillosi variamente commisti o alternati fra loro;*
- ai depositi di superficie nel sottosuolo si sostituiscono due litofacies:
 1. *SgAL: depositi prevalentemente sabbioso limosi ed argillosi, localmente sabbioso ghiaiosi con limo e argilla*
 2. *GSla : depositi ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi variamente alternati o commisti a limi sabbiosi e argillosi;*

- dal punto di vista sismico:
 1. secondo l' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il comune di Sesto al Reghena è classificato in zona sismica 3, confermata dalle indagini sismiche condotte sull'intero territorio;
 2. sul territorio sono individuate due zone addebitate alle categorie di suolo di fondazione B e C, sulla base delle indagini sismiche MASW. La risposta sismica locale evidenzia le diverse zone in cui si verifica l'amplificazione sismica secondo Midorikawa, con valori variabili da 1,3 g a 2,45 g e le frequenze di risonanza con valori compresi fra 3 Hz e 16 Hz. Nel primo caso sul territorio si registrano fenomeni amplificativi dell'azione sismica per la presenza di terreni di categoria B e C, con valori massimi di amplificazione (> 4) nel settore nord-occidentale del territorio comunale. Nel secondo caso l'edificato tipico del territorio comunale (abitazioni di 1-2 piani) può soffrire del fenomeno della risonanza sismica lungo la fascia centrale del territorio, secondo la direttrice NW - SE. Al di sotto di questa fascia la risonanza si ha solo per edifici più alti (fra 3 e 5 piani);

L'esame globale dei dati individua una mappatura delle criticità prevalenti all'interno degli aspetti geologico - geotecnici ed idrogeologici che si traduce in alcuni vincoli:

- riguardo alle vulnerabilità e pericolosità di carattere idrogeologico valgono le norme di attuazione contenute nel P.A.I., adottato dal Comitato Istituzionale, con Delibera n° 1 del 26 novembre 2002.

Le aree esondabili, distribuite su estensioni diverse a seconda dei rilievi operati dall'Autorità di Bacino, dallo studio geologico relativo alla variante 11 al PRGC e dal Consorzio Cellina-Meduna, presumono tre livelli di **pericolosità distinti dal P.A.I.** in:

- Pericolosità moderata (P1) con $T_r=100$ anni e lama d'acqua >0 m, presente in piccoli ambiti legati principalmente alla roggia Versa e alla Roggia di Gleris, ad est di Vissignano e in subordine al Lemene, a sud di Borgo della Siega.

In tutto questo ambito l'uso del territorio viene disciplinato dallo strumento urbanistico, che, vista la presenza peggiorativa di una falda acquifera poco profonda ed eventi esondabili con tempo di ritorno di 100 anni impone, per le nuove edificazioni, oltre che il divieto di costruire scantinati, il rialzo del piano di calpestio (sulla base della lama d'acqua rilevata dalla cartografia dello studio geologico per la variante 11 al PRGC) di 50 cm sul piano campagna, per motivi di sicurezza.

Ricade in questo ambito parte dei punti di variante n° 36, 38, 39, 40, 59, 61, 81, 82, 84, 136.

- Pericolosità media (P2), con $T_r=50$ anni e lama d'acqua compresa fra 0 e 1 m, presente in una vasta estensione fra il Caomaggiore e il Reghena, a sud della zona industriale del capoluogo, in un'area più contenuta a valle dell'abitato di Versiola e lungo tutto il sistema del Lemene, a partire da Ramuscello-Vissignano.

In tutto l'ambito vale la normativa imposta dal P.A.I. che consente l'edificabilità, purché all'interno di centri edificati e vieta di utilizzare volumi situati al di sotto del piano campagna (scantinati ed altro). Inoltre le nuove

edificazioni, per motivi di sicurezza devono prevedere il rialzo del piano di calpestio di 100 cm al di sopra del piano campagna.

In tutti i casi vengono comunque applicate le prescrizioni ed indicazioni contenute nell'art. 12, commi 4,5,6,7 del P.A.I. (riportate in appendice).

Ricadono in questo ambito i punti 28, 57, 58, 83, 85 e parte dei punti 36, 38, 39, 40, 59, 61, 62, 136.

- Pericolosità elevata, con $Tr=50$ anni e lama d'acqua $> 1,00$ m, presente in piccole estensioni ai margini degli abitati di Bagnarola e di Ramuscello ed in una più vasta area a sud del Capoluogo, in sponda destra del canale Reghena.

In questi ambiti non è consentita l'edificabilità, se non nei casi e con le prescrizioni contemplati dalla normativa contenuta nell'art. 12 del P.A.I. (vedi appendice).

Ricade in questo ambito il punto n° 31.

Le aree esondative riportate dalla Variante 11 al PRGC e dal Consorzio Cellina-Meduna non sovrapponibili a quelle indicate dal P.A.I. si aggiungono, per la parte non coincidente, alla mappa degli ambiti di pericolosità, stabiliti secondo i criteri imposti dalle norme di attuazione del P.A.I. stesso.

Per queste valgono i medesimi vincoli legati ai tempi di ritorno e alle lame d'acqua equivalenti alle indicazioni del P.A.I.

In particolare per la Variante 11 al PRGC:

- Pericolosità moderata (P1) con $Tr=100$ anni e lama d'acqua >0 m (<50 cm).
Vi ricadono i punti 38,82,83,85 e parte dei punti 26, 36, 37, 57, 58, 59, 61, 62, 81, 84, 102, 103, 105, 108, 109, 110, 135,180
- Pericolosità media (P2), con $Tr=50$ anni e lama d'acqua compresa fra 0 e 1 m.
Vi ricade parte dei punti 58, 59, 61 e 108
- Pericolosità elevata, con $Tr=50$ anni e lama d'acqua $> 1,00$ m,
Vi ricadono i punti 40 e 106 e parte dei punti 58, 59, 105 e 107

Per il Consorzio Cellina-Meduna:

- Pericolosità moderata (P1) con $Tr=100$ anni e lama d'acqua >0 m
Vi ricadono i punti 36,61,138 e parte dei punti 67,69,70 e 87
- Pericolosità media (P2), con $Tr=50$ anni e lama d'acqua compresa fra 0 e 1 m
Vi ricadono il punto 88 e parte dei punti 67, 69, 70, 87

Anche negli ambiti non soggetti a fenomeni esondativi, ma con presenza della falda prossima alla superficie topografica (fra 0 e 2 m), come indicato dalla relativa carta della profondità minima della falda, è sconsigliabile la realizzazione di scantinati nelle nuove edificazioni.

- gli aspetti geologico-tecnici valutano la compressibilità del materiale e il verificarsi di liquefacibilità in concomitanza di sollecitazioni cicliche.

Nel primo caso, la distribuzione delle resistenze alla punta (R_p), desunte dalle prove penetrometriche, e dei rispettivi coefficienti di compressibilità volumetrica (m_v), entro le facies litologiche presenti nei primi cinque metri del substrato, consente una mappatura della compressibilità del materiale, descritta nel relativo paragrafo. In particolare il nucleo di depositi a più elevata compressibilità si concentra in località Braidacurti, incluso entro un vasto ambito ancora compressibile che investe i numerosi casali sparsi sul settore occidentale del comune.

Altre tre ampie superfici emergono rispettivamente a sud di Sesto al Reghena, in corrispondenza dell'abitato di Bagnarola e sul margine orientale del territorio, a partire da Ramuscello Vecchio.

In tutti questi casi, dove lo spessore degli strati fini diventa determinante per la staticità delle opere, è necessario valutare di volta in volta la qualità e la consistenza dei materiali compressibili, mediante indagine geologico-tecnica al dettaglio, che ne delinei accuratamente il comportamento geomeccanico, ne verifichi la portanza e l'entità dei cedimenti, in relazione ai carichi indotti dalle strutture di progetto, per una corretta scelta delle relative soluzioni fondazionali.

Bisogna considerare anche l'incidenza sulla capacità portante che può assumere uno scorrimento idrico prossimo alla superficie topografica, entro deboli depositi lenticolari più permeabili, interclusi nei termini prioritari argilloso-limosi.

Va inoltre ricordato che le delimitazioni litologiche sulla carta sono puramente indicative e rappresentano uno strumento utile per la calibratura di successivi interventi geologici di dettaglio e di approfondimento e per scelte urbanistiche di carattere generale. In queste condizioni, potendosi verificare qualche accentrimento di materiale fine anche nei depositi dichiarati prevalentemente ghiaiosi, in caso di edificazione è necessario comunque procedere ad una verifica delle caratteristiche geotecniche, in osservazione della normativa riferita al D.M. 11 marzo 1988 e successive modifiche e integrazioni.

Il potenziale di liquefazione, come indicato nel relativo paragrafo, è stato valutato usando diversi procedimenti messi a confronto, che hanno permesso di ricavare il fattore di sicurezza F_s al di sopra del quale viene esclusa la possibilità di liquefacibilità dei materiali in caso di sollecitazioni cicliche. I risultati escludono fenomeni di liquefazione in tutti i casi esaminati.

Tuttavia, se si considera l'estrema variabilità dei parametri geotecnici nell'ambito degli stessi depositi sabbiosi, il diverso spessore dei livelli e la distribuzione più o meno estesa sul territorio e, non ultima in ordine d'importanza, la presenza di una falda localmente prossima alla superficie topografica, sugli ambiti cartografati con Lasgt, Ssl ed Slag nella carta litologica di superficie, in conformità al D.M. 11/3/1998 ed eventuali sue successive modifiche ed integrazioni e all'Ordinanza 3274 dell'8/5/2003, accertato l'andamento stratigrafico emerso nei singoli interventi, è necessario operare le dovute e dettagliate verifiche geologico-tecniche riguardanti la liquefazione.

Ancora in relazione all'Ordinanza 3274, l'azione sismica, considerata all'interno di questo studio nella generalità del territorio, deve essere accertata mediante verifiche puntuali e specifiche, per la progettazione e la costruzione di nuove strutture pubbliche e per quelle private di una certa rilevanza.

Per tutte le considerazioni sopra elencate e nel rispetto della normativa e dei vincoli imposti dalla variante generale al PRGC, si ritiene che la variante n° 28 al PRGC sia compatibile con le condizioni geologiche ed idrogeologiche del territorio.

Varmo, aprile 2008

Dr. Maurizio M. Pivetta
geologo