PROVINCIA DI LA SPEZIA

COMUNE DI SESTA GODANO

PIANO URBANISTICO COMUNALE

(art. 5 L.R. 36/1997)



Responsabile del procedimento:
arch. Marco Tognetti
Progettisti incaricati:
arch. Rinaldo Delvigo
arch. Antonio Scopesi
Consulenti:
dott. agr. Sabrina Diamanti – agronomia
Collaboratori:
arch. Arianna Mazzi

Elaborato	Titolo	Data
RT	**RELAZIONE GEOLOGICA ILLUSTRATIVA**	Febbraio 2019
		Rev. 1.0

Soggetto realizzatore:
Dott. Geol. Carlo CIVELLI
Dott. Geol. Ampelio VERRANDO
Dott. Geol. Enrico VERRANDO

indago srl
servizi e prospezioni del sottosuolo

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE DEL COMUNE DI SESTA GODANO (SP)

1. INTRODUZIONE

Gli studi geologici l.s. contenuti nel presente elaborato sono stati effettuati su incarico dell'Amministrazione del Comune di Sesta Godano nell'ambito della redazione del Piano Urbanistico Comunale.

La Legge Urbanistica Regionale (L.R. n.36 del 4 settembre 1997) prevede che, in fase di descrizione fondativa, alla base dello sviluppo del PUC vengano condotti studi di analisi del territorio e del suo utilizzo, tra i quali tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico ecc, al fine di determinare i fattori principali condizionanti il possibile sviluppo urbanistico e gli elementi di specifica vocazione urbanistica del territorio comunale.

Per quanto riguarda lo studio delle caratteristiche sismiche del territorio comunale, viene allegato apposito studio di "Microzonazione sismica di livello 1" effettuato ai sensi della OPCM 3097/2011 e secondo gli standard illustrati a livello nazionale dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" formulati dal Dipartimento della protezione civile –presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2008 ed aggiornati nel 2011, nonché dalle "Specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici di microzonazione sismica –ottobre 2015 – v.4.0 a cura della "commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica".

Si è fatto inoltre riferimento alle "Linee Guida per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici comunali" emanate con D.G.R. n.1745/2013.

Nella successiva fase dovrà essere operata una sintesi degli elementi individuati, finalizzata alla zonizzazione del territorio in termini di problematiche e criticità geologiche, geomorfologiche e di risposta sismica locale, in modo da pervenire ad una suddivisione in classi raggruppanti aree

omogenee per quanto riguarda la suscettibilità d'uso del territorio dal punto di vista delle problematiche geologico tecniche. Tale sintesi costituirà quindi la base delle successive analisi di sostenibilità ambientale, da operare a livello interdisciplinare fra le professionalità di competenza.

Il processo di pianificazione e gestione tanto delle aree ad alta concentrazione edificatoria che di quelle rurali presuppone infatti la necessità di acquisire conoscenze dell'ambiente e delle caratteristiche intrinseche del suolo e del sottosuolo tali da favorire insediamenti, attività, ed infrastrutture compatibili con la situazione ambientale; parimenti andranno considerate le interconnessioni, e le relative problematiche, tra gli insediamenti edilizi già esistenti ed il territorio .

La valutazione di tutti questi elementi e la conseguente disciplina e normativa di Piano riferita agli aspetti geologici è da intendersi come "sistema aperto" cioè soggetto a trasformazione ed adeguamento dato che sia le dinamiche evolutive delle caratteristiche del territorio, sia il mutare delle condizioni di vulnerabilità e rischio geologico l.s. nel tempo, presuppongono una periodica verifica, sia della congruenza delle scelte urbanistiche nei distretti di trasformazione, sia della conformità di quanto già esistente negli ambiti di conservazione e riqualificazione, con l'assetto geomorfologico del territorio.

Dalla lettura di queste linee guida appare evidente come detti studi non dovranno più essere considerati come una mera analisi delle problematiche e delle criticità del territorio comunale, volti esclusivamente all'individuazione di una serie di vincoli ambientali, spesso, collocati a posteriori o comunque non coordinati con le scelte di tipo prettamente urbanistico.

Si cercherà, piuttosto, di fornire all'Amministrazione Comunale, ai tecnici ed agli operatori di settore, uno strumento di facile lettura ed utilizzazione che abbia, come preciso scopo, la valorizzazione delle aree in esame e che sia di valido supporto alle scelte urbanistiche di fondo.

1.1 METODOLOGIA DI LAVORO

Il presente studio, in particolare per quanto riguarda gli aspetti geologici l.s., è stato effettuato secondo quanto riportato dalla Circolare R.L. 2077 del 27 aprile 1988 (disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici generali).

Le analisi ed acquisizione dei dati necessari sono state sostanzialmente effettuate tramite: ricerca e consultazione di dati bibliografici, studi ed indagini pregressi riguardanti il territorio; rilevamento geologico e geomorfologico di superficie al fine della verifica dei dati pregressi in particolare lungo la viabilità e nell'intorno delle aree urbanizzate; consultazione di foto aeree e satellitari.

Il prodotto finale è rappresentato nella redazione di carta geologica, carta geomorfologica e carta idrogeologica.

Definita questa prima parte di analisi del territorio è stato svolto uno studio di microzonazione sismica di livello 1, che ha comportato la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo; lo studio, il cui risultato è rappresentato dalla *carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*, ha interessato unicamente i centri abitati e le aree di espansione urbanistica previste dalla pianificazione territoriale.

In questo caso il principale riferimento normativo su cui si sono basati gli studi è la D.G.R. 471 del 22/03/2010 "*Criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale"* e la D.G.R. 714 del 21/06/2011 "*Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali per l'approfo*ndimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica *comunale, ad integrazione della DGR 471/2010*"), da cui è derivata la successiva raccolta di dati di base e la realizzazione di alcuni elaborati intermedi (*carta dell'acclività*, *carta delle indagini*, *carta litotecnica*) previsti per la realizzazione di uno studio di microzonazione sismica di livello 1.

In particolare, al fine della redazione della carta litotecnica è stata condotta un'analisi geomeccanica su alcuni affioramenti-tipo, relativamente alle formazioni geologiche presenti nelle aree interessate dallo studio di microzonazione; è stato così possibile confermare o correggere la distinzione generale in termini litotecnici delle formazioni geologiche adoperata all'interno della D.G.R. 714 del 21/06/2011.

Al fine di valutare la frequenza di risonanza in alcune siti, si è proceduto inoltre all'esecuzione di n°15 misure di rumore sismico ambientale mediante tromografo digitale, modello Tromino (Micromed S.p.A); le misure sono state poi elaborate ed interpretate tramite l'apposito codice di calcolo *Grilla*.

La realizzazione di queste misure, la cui esecuzione non viene usualmente richiesta per il livello 1 di microzonazione, si è resa necessaria per sopperire alla scarsità di dati provenienti da indagini pregresse sul sottosuolo, sui quali normalmente si basa la microzonazione di livello 1.

La base cartografica utilizzata per la redazione delle carte tematiche è la Carta Tecnica regionale in scala 1:5.000.

Il presente studio si compone quindi di una parte di "**analisi**" (che trova la propria collocazione nell'ambito della descrizione fondativa) costituita da:

- ✓ carta geologica;
- ✓ carta geomorfologica;
- ✓ carta idrogeologica;
- ✓ carta geologico-tecnica (e delle indagini);
- ✓ relazione illustrativa.

nonché di una parte di "**sintesi**" delle criticità del territorio costituita da:

- ✓ carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;
- ✓ carta dei vincoli;
- ✓ carta di suscettibilità d'uso del territorio;
- ✓ norme geologico-tecniche di attuazione.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Sesta Godano si trova sul confine nord-orientale della provincia, nel medio bacino del fiume Vara, lungo la riva destra del torrente Gottero.

E' costituito prevalentemente da zone montane e pedemontane, solcate da vallate che confluiscono nella riva principale attraversate a loro volta da torrenti minori come il Durla, il Labora e il Mangia, i quali nascono principalmente alla pendici del monte Gottero (1639 m slm), il monte più alto del territorio provinciale.

Il clima è nettamente influenzato dall'influsso delle correnti atlantiche e mediterranee con carattere piovoso che assume aspetti più rigidi nelle zone più elevate che possono restare innevate per periodi sensibilmente più lunghi che nel resto del territorio.

La vegetazione, nei rilievi collinari, è costituita da boschi di pino e latifoglie in associazione pure e miste; talvolta essa è stata sostituita da vigneto nelle zone antropizzate e da pascolo nelle zone scoperte.

Il comune è costituito, oltre il capoluogo, dalle frazioni e località di Airola, Antessio, Bergassana, Chiusola, Cornice, Godano, Groppo, Mangia, Oradoro, Orneto, Pignona, Rio, Santa Maria, Scogna e Vizzà per un totale di 67,78 kmq.

Confina a nord con i comuni di Varese Ligure, Albareto (PR) e Zeri (MS), a sud con Carrodano, Borghetto di Vara e Brugnato, ad ovest con Varese Ligure, Carro e Carrodano, e ad est con Zeri, Zignago e Brugnato.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

All'interno del Comune di Sesta Godano i litotipi affioranti appartengono a formazioni geologiche molto differenti tra loro per età ed origine, che nell'ambito della letteratura scientifica sono descritte in modo non univoco.

Al fine di garantire una certa omogeneità nella descrizione delle varie litologie viene di seguito riportata la classificazione adottata dalla "*Cartografia Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Progetto CARG*". In tale studio il territorio comunale di Sesta Godano è interamente ricompreso all'interno del Foglio 232 – Sestri Levante e Foglio 233 – Pontremoli.

Nell'area comunale sono stati quindi riconosciuti e cartografati quattro differenti domini paleogeografici: Dominio Ligure Interno, Dominio Ligure Esterno, Dominio Subligure e Dominio Toscano.

Inoltre, sono stati distinti i depositi continentali e i depositi fluvio-lacustri villafranchiani.

All'interno del **Dominio Ligure Interno** sono state rilevate tre diverse unità tettoniche, separate tramite sovrascorrimenti; dall'unità strutturalmente più bassa a quella più elevata, in riferimento all'appilamento tettonico delle Alpi Liguri, sono presenti:

- ✓ Unità tettonica Colli- Tavarone;
- ✓ Unità tettonica Bracco-Val Graveglia;
- ✓ Unità tettonics Gottero.

All'interno del **Dominio Ligure Esterno** è stata rilevata una unità tettonica:

- ✓ Unità tettonica Ottone.

All'interno del **Dominio Subligure** è stata rilevata una unità tettonica:

- ✓ Unità tettonica Canetolo.

All'interno del **Dominio Toscano** è stata rilevata una unità tettonica:

- ✓ Unità tettonica della Falda Toscana.

3.2 SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO

Vengono di seguito descritte le formazioni affioranti nell'ambito del territorio del Comune di Vendone divise per unità tettoniche, così come riportate sulla legenda della carta geologica, e i

depositi continentali e fluvio-lacustri villafranchiani, tra cui le coperture detritiche che, in mancanza di indagini, sono state ipotizzate avente spessore maggiore di 3m.

DEPOSITI CONTINENTALI

All'interno dei depositi continentali si distinguono:

- ✓ Depositi antropici;
- ✓ Depositi alluvionali attuali;
- ✓ Depositi eluvio-colluviali;
- ✓ Depositi alluvionali terrazzati;
- ✓ Depositi di versante.

I **depositi antropici** (Olocene) sono costituiti da terreni di riporto, ubicati nel territorio comunale in prossimità del confine meridionale, in corrispondenza della SP566 lungo il fiume Vara in località Case Peschiera e della centrale di Vizzà.

I **depositi alluvionali attuali** (Olocene) presentano una granulometria costituita principalmente da ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali. Questa tipologia di terreni è stata rilevata nel settore SE e SW del territorio comunale, in corrispondenza del fondovalle del torrente Mangia, del torrente Gottero ai margini dell'abitato di Sesta Godano, del rio Durla e naturalmente del fondovalle del fiume Vara.

I **depositi eluvio-colluviali** (Pleistocene medio/superiore - Olocene) sono sedimenti prevalentemente eluviali e colluviali a granulometria argillosa-limosa-sabbiosa, profondamente pedogenizzati. Questi depositi sono presenti unicamente in prossimità del confine NE del territorio comunale, nei pressi della "*Sorgente Penna di Gallina*".

I **depositi alluvionali terrazzati** (Pleistocene medio/superiore - Olocene) presentano una granulometria prevalentemente sabbiosa e sabbiosa-limosa, con rari livelli di ghiaie centimetriche di composizione generalmente poligenica, e costituiscono le zone di raccordo tra i versanti e l'attuale piana alluvionale e sono localmente terrazzati. Questa tipologia di terreni è presente in

quasi tutto il territorio comunale: nei pressi dell'abitato di Airola inferiore, Airola superiore, Cornice e Chiusola, nel centro abitato di Sesta Godano, in località Conscenti, Crovarola, Santuario di San Rocco, Zoaro e del monte Campazzo più alcuni lembi distribuiti in modo sparso in tutto il territorio.

I **depositi di versante** (Olocene) sono accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbiosa-limosa. Questi depositi sono presenti soprattutto in corrispondenza della zona settentrionale collinare e montuosa del territorio comunale e sono stati rilevati nelle seguenti località/toponimi: centro abitato di Orneto, a sud del centro abitato di Groppo e di Santa Maria di Sesta Godano, nei pressi del centro abitato di Mangia e lungo il torrente Mangia, Calcinara, Cascine del Bocca, Case Peschiera, Fornace, pendici del Monte Gottero, Monte Riccò e Punta Manzoni, lungo la SP 28 più alcuni lembi distribuiti in modo sparso in tutto il territorio

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI VILLAFRANCHIANI

All'interno dei depositi continentali si distinguono:

- ✓ Conglomerati di Olivola;
- ✓ Formazione di Aulla.

I **conglomerati di Olivola** (piano Villafranchiano superiore) sono conglomeratici polimittici e ghiaie in matrice sabbiosa, localmente cementate, con livelli di sabbie e limi. Sono ubicati nel territorio comunale unicamente in prossimità della sponda orografica sinistra del torrente Gottero, in località Casa Boera, Case Costa e Roggiano.

La **formazione di Aulla** (piano Rusciniano – piano Villafranchiano) è costituita da argille grigie e argille sabbiose e sabbiose-limose, con sporadici livelli di sabbie e ghiaie in matrice argillosa-sabbiosa e di conglomerati; le argille contengono frequenti resti vegetali e resti di lignite. Questa tipologia di terreni è stata rilevata adiacente ai conglomerati di Olivola e sono la formazione basale dei depositi fluvio-lacustri villafranchiani.

DOMINIO LIGURE INTERNO

UNITA' TETTONICA GOTTERO

All'interno di questa unità tettonica si distinguono:

- ✓ Argilliti di Giaiette;
- ✓ Arenarie di Monte Gottero;
- ✓ Formazione di Val Lavagna.

Le **Argilliti di Giaiette** (Paleocene inferiore) sono argilliti talora siltose grigio-scure o varicolori a cui si intercalano areniti, siltiti, calcareniti e brecce polimittiche matrice-sostenute con clasti da angolari a sub-angolari di calcilutiti silicee grigio-verdi ed in subordine di radiolariti. Sono ubicati nel territorio comunale nel settore SE, a Nord di Pian di Durla, in località Codarmo, Cà Bertacca, presso il centro abitato di Rio e lungo il rio Ripa e rio Bergassana.

Le **Arenarie di Monte Gottero** (Campaniano superiore – Maastrichtiano inferiore/Paleocene inferiore) sono torbiditi arenacee, costituite da grovacche quarzoso-feldspatiche grigie, ricche di miche, in strati spessi e molto spessi, a cui si intercalano sottili o sottilissimi livelli pelitici grigio o grigio-scuri; più raramente torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medi e sottili, gli strati più grossolani sono spesso amalgamati e le arenarie sono molto frequentemente alterate. La formazione è inoltre caratterizzata dalla presenza di intercalazioni (talora spesse) e di successioni pelitico-calcaree scompaginate, costituite da argilliti varicolori (prevalenti) e rari e sottili strati di calcari silicei grigi o grigio-verdi e calcareniti fini. Talvolta verso la base questa formazione intercalazioni decametriche, di argilliti policrome sottilmente stratificate con strati di marne e lenti di brecciole (GOTa). Questa tipologia di terreni si rileva in modo continuo in tutto il settore occidentale del confine comunale da nord a sud e i suoi affioramenti sono visibili in particolare nei pressi dei centri abitati di Bergassana, Cornice, Godano, Groppo e Rio.

La **Formazione di Val Lavagna** (Santoniano superiore - Campaniano inferiore; Campaniano superiore – Maastrichtiano inferiore/Paleocene inferiore) sono torbiditi pelitico-arenacee e arenaceo-pelitiche grigie, costituite da strati sottili e medi di quarzo-areniti fini micacee e siltiti quarzose a cui si intercalano strati di argilliti, argilliti siltose-marnose e siltiti grigio scure nere,

spesso decalcificate; al passaggio con la formazione sovrastante gli strati arenacei aumentano di spessore e frequenza. Questa tipologia di terreni si rileva in un stretto lembo lungo l'asse centrale del territorio comunale, con andamento nord-sud, e si rinviene in particolare nei pressi del centro abitato di Scogna inferiore (località La Costa).

UNITA' TETTONICA BRACCO-VAL GRAVEGLIA

All'interno di questa unità tettonica si distinguono:

- ✓ Argille a palombini;
- ✓ Diaspri di Monte Alpe;
- ✓ Brecce di Monte Zanone;
- ✓ Gabbri;
- ✓ Serpentiniti.

Le **Argille a palombini** (Valanginiano P.P. – Aptiano inferiore) sono argilliti, argilliti silicee e marne siltose, da grigio-scure a nere, in strati da medi a spessi, cui si intercalano strati medi o spessi di calcilutiti e calcilutiti silicee, talvolta con la base calcarenitica. La posizione inferiore della formazione può essere costituita da argilliti silicee verdi; nella porzione sommitale gli intervalli pelitici sono più spessi e frequenti ed i calcari sono frequentemente decalcificati. Sono ubicati nel territorio comunale in un lembo lungo l'asse centrale del territorio comunale e nel settore SE, e si rilevano in località Foce d'Agneta, Giandì, Le Pezze, La Sesta, Madonna del Malconsiglio e Ponte delle Serre e presso il centro abitato di Oradoro, Pignona, Scogna inferiore e Scogna superiore.

I **Diaspri di Monte Alpe** (Bajociano superiore – Bathoniano inferiore) sono costituiti da radiolariti e selci rosse, grigie o grigio verdi, in starti sottili, a cui si intercalano argilliti silicee rosse o nere, prevalenti nella porzione superiore della formazione; nella porzione inferiore sono presenti inoltre brecciole, areniti e siltiti ofiolitiche e in quella sommitale rare marne siltose grigie, calcilutiti silicee e brecce ad elementi silicei. Questa formazione è presente in tre piccoli lembi a SE del centro abitato di Scogna inferiore.

Le **Brecce di Monte Zenone** (Giurassico medio) sono brecce monomittiche non classate con matrice arenitica (costituita da pirosseni, cloriti e plagioclasi) e clasti da centimetrici a metrici, subangolari o arrotondati, di Mg-gabbri; sono presenti inoltre rari livelli di arenarie ofiolitiche e radiolariti e filoni di basalto. Questa formazione è presente in due piccoli lembi a ovest del centro abitato di Santa Maria di Sesta Godano.

I **Gabbri** (Giurassico medio) sono Mg-gabbri prevalenti (troctoliti e olivingabbri) con struttura isotropa o più raramente pegmatoide; nelle zone di taglio si osservano strutture gneissico-occhiadine a milonitiche. Questa formazione è presente in un'ampia aria nei pressi del confine orientale del territorio comunale e si rileva in parte lungo la SP3 e in località Cà Canoniche, Molino Camina e Molino i Boschi.

Le **Serpentiniti** (Giurassico medio) presentano una composizione ascrivibile a ultramafiti parzialmente o totalmente serpentinizzate, a composizione originaria da lherzolitica (prevalente) ad harzburgitica, generalmente caratterizzate da una struttura cataclastica con sviluppo di più famiglie di superfici tettoniche, che suddividono la roccia in lithos. Questa formazione è presente in tre piccoli lembi a nord della località Madonna del Malconsiglio.

UNITA' TETTONICA COLLI-TAVARONE

All'interno di questa unità tettonica si distingue:

- ✓ Formazione di Tavarone;

La **Formazione di Tavarone** (Cretacico superiore – Paleocene inferiore) sono argilliti grigio-scure o varicolori, spesso scagliose, cui s'intercalano rari strati sottili e medi di areniti, siltiti e calcareniti. La formazione, generalmente scompaginata, è caratterizzata dalla presenza di brecce polimittiche matrice-sostenute (in subordine clasto-sostenute) con clasti da angolari a sub-angolari di calcilutiti silicee e, in subordine, di radiolariti ed ofioliti. All'interno della formazione sono stati distinti olistoliti di serpentiniti (FTCΣ) e lembi di successioni riferibili ad Argille a palombini (FTCap), di Arenarie di Monte Gottero (FTCap), di olistoliti di elementi calcarei (FTCa) e di olistoliti ofioliti (FTCb). Queste litologie sono ubicate nel territorio comunale in un'ampia aria nella porzione

centrale del confine occidentale in corrispondenza del centro abitato di Airola superiore, Antessio e Oradoro ed in località Casa Bocco, Casa Boschetto e Casa Certogrosso.

DOMINIO LIGURE ESTERNO

UNITA' TETTONICA OTTONE

All'interno di questa unità tettonica si distinguono:

- ✓ Fysch di Ottone;
- ✓ Complesso di Casanova.

Il **Flysch di Ottone** (Campaniano inferiore –Campaniano superiore/Maastrichtiano inferiore) sono torbiditi calcareo-marnose grigio-scure in strati da medi a molto spessi (talvolta a base calcarenitica), costituite da calcari marnosi e marne calcaree a cui si intercalano marne siltose, argilliti e argilliti calcaree, arenarie fini e siltiti. Sono stati rilevati in un lembo nel settore NE del territorio comunale, a Sud del centro abitato di Chiusola.

Il **Complesso di Casanova** (Coniciano superiore –Campaniano inferiore) è un'unita litostratigrafica eterogenea, costituita da più litofacies senza un preciso ordine stratigrafico delle quali nel territorio comunale sono stati rilevati i paraconglomerati polimittici matrice-sostenuti o clasti-sostenuti (CCVb), i cui clasti, da subangolosi a subarrotondati, da centimetrici a metrici, sono costituiti da calcarei silicei (prevalenti), radiolariti, ofioliti e più raramente da marne e graniti; la matrice pelitica, grigio-scura o grigio-verde, è generalmente scagliosa. Questa tipologia di terreni si rileva nell'area nord-est del territorio comunale e i suoi affioramenti sono visibili in particolare nei pressi della località Casa Groppini, Fenocchia, e Pietre Bianche.

DOMINIO SUBLIGURE

UNITA' TETTONICA CANETOLO

All'interno di questa unità tettonica si distinguono:

- ✓ Arenarie di Ponte Bratica;

- ✓ Argille e Calcari del Canetolo;
- ✓ Arenarie di Petrignacola;
- ✓ Calcari di Groppo del Vescovo.

Le **Arenarie di Ponte Bratica** (Oligocene) sono torbiditi arenacee in strati da medi a spessi a componente vulcano-clastica di tipo andesitico di colore verdastro, localmente conglomeratiche. Sono state rilevate principalmente nella zona di sovrascorrimento nel settore NE del territorio comunale, in località Ponte Garolo e sulle pendici del Monte Penocchia.

Le **Argille e Calcari del Canetolo** (Eocene medio – Oligocene inferiore) sono torbiditi calcaree, siltoso arenacee o calcarenitiche intercalate ad abbondanti argille scure. L'insieme è fortemente tettonizzato. Questa tipologia di terreni si rileva prevalentemente nell'area nord-est del territorio comunale e i suoi affioramenti sono visibili in particolare a nord del centro abitato di Orneto ed a est di quello di Chiusola, e nei pressi della località Cuccarello e La Fontana.

Le **Arenarie di Petrignacola** (Oligocene inferiore) sono arenarie torbiditiche grossolane in grossi banchi che alternano con sottili strati argillitici; sono comuni anche strati e lenti di conglomerati. Questi depositi sono praticamente delle tufiti, con più del 50% di materiale andesitico. Sono state rilevate principalmente nei pressi della sorgente Pian di Gallo di Sotto in prossimità del confine regionale con la Toscana nei pressi del centro abitato di Orneto.

I **Calcari di Groppo del Vescoco** (Eocene) sono spessi banchi torbiditici calcareo-marnosi, spesso con vase calcarenitica, di colore grigio abbastanza scuro, intercalati con argilliti grigio scure presenti in proporzione variabile. Questa tipologia di terreni si rileva in tre piccoli lembi nei pressi del centro abitato di Orneto e della località Pietre Bianche.

DOMINIO TOSCANO

UNITA' TETTONICA DELLA FALDA TOSCANA

All'interno di questa unità tettonica si distingue:

- ✓ Macigno.

Il **Macigno** (Oligocene superiore – Miocene inferiore) è costituito da arenarie torbiditiche quarzose-feldspatiche grigie o grigio-verdi, da medio-fini a grossolane, in strati da spessi a molto spessi, talvolta amalgamati, a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose; nella parte superiore a luoghi prevale una facies pelitico-arenacea con strati da sottili a spessi; la formazione è caratterizzata inoltre dalla presenza a vari livelli di rare torbiditi calcaree a base calcarenitica, talvolta ricca di bioclasti. Questa tipologia di terreni si rileva nell'area nord-est del territorio comunale e i suoi affioramenti sono visibili in particolare nei pressi del Monte Antessio e del centro abitato di Chiusola e Orneto.

3.3 TETTONICA ED ASSETTO STRUTTURALE

L'Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatesi a partire dal Cretacico superiore in seguito alla chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese e alla susseguente collisione della placca europea (blocco corso-sardo) con quella adriatica. In questa complessa storia tettogenetica si possono distinguere una fase oceanica e una fase continentale (vedi fig. 1).

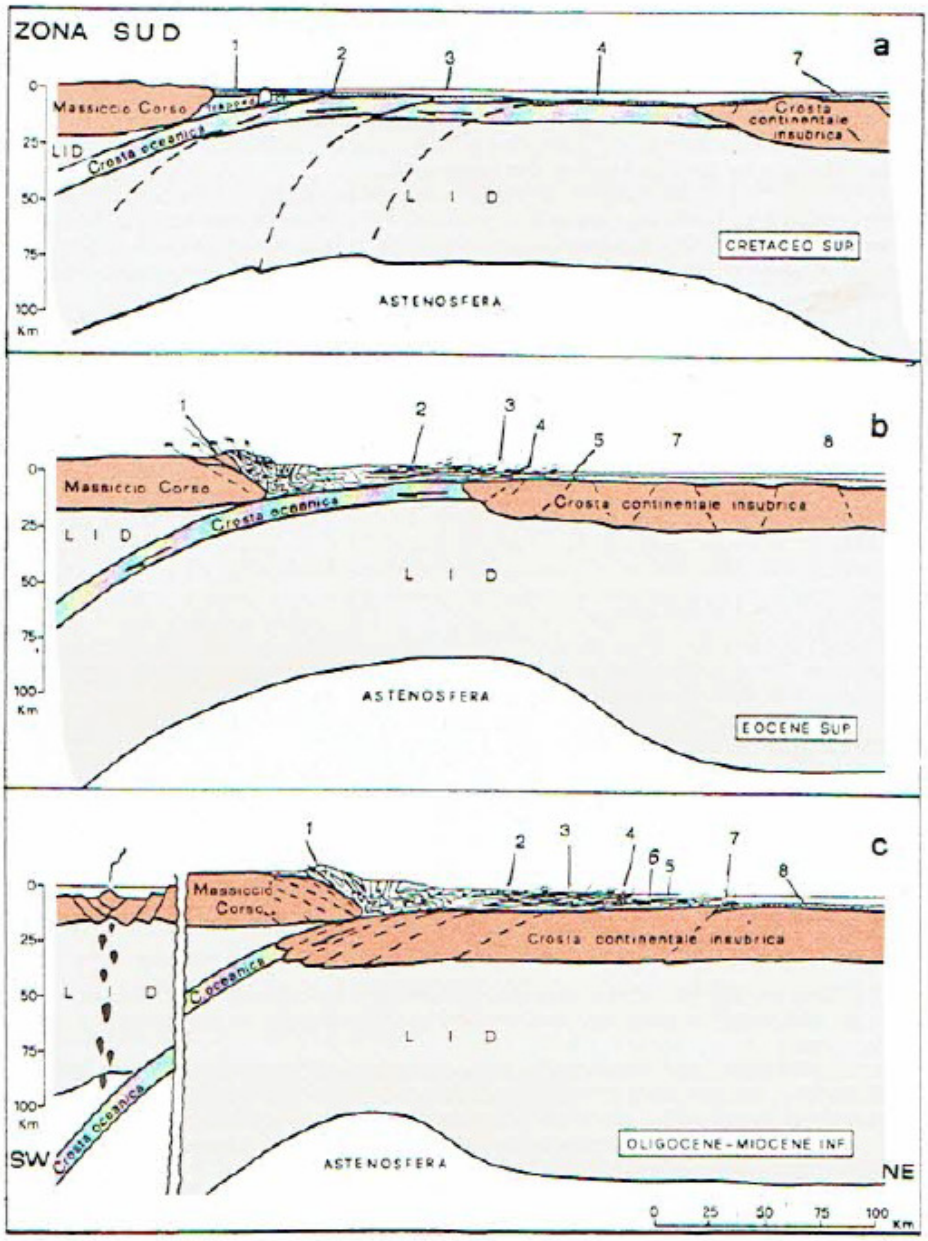


*fig. 16. Schema dell'evoluzione orogenica dell'Appennino Settentrionale dal Cretaceo superiore al Miocene inferiore. **1**= Unità Corse; **2**= Supergruppo del Vara; **3**= Supergruppo del Trebbia; **4**= Supergruppo della Calvana; **5**= Complesso di Canetolo; **6**= Successioni Epiliguri; **7**= Dominio Toscano; **8**= Dominio Umbro-romagnolo (da Principi e Treves, 1984, semplificato).*

Fig.1: Schema dell'evoluzione orogenica dell'Appenino Settentrionale dal Cretacico superiore al Miocene inferiore.

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretacico inferiore e il Cretacico superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costituito dall'impilamento per sottoscorrimento verso O delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri). Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-Corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica, sviluppatesi essenzialmente a spese del margine continentale adriatico occidentale. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso O delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-Marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate.

Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale. In questa fase il fronte compressivo, che migra verso E, è seguito, a partire dal Miocene medio, da un fronte distensivo, legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico. Attualmente i due regimi tettonici diversi coesistono in due fasce contigue della catena: nel versante tirrenico è attivo il regime distensivo, in quello adriatico quello compressivo.

Nelle Unità tettoniche presenti nel territorio comunale di Sesta Godano questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretacico superiore-Eocene) allo sdradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro appilamento su sè stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne e in basso le più esterne.

Tutto questo complesso di Unità Liguri (interne ed esterne) sovrasta tettonicamente l'unità subligure di Canetolo (Eocene-Oligocene) attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico.

La tettonica del Dominio Ligure Interno si differenzia da quella del Ligure Esterno soprattutto per una maggiore deformazione delle strutture che si palesa anche in un leggero metamorfismo in facies da anchi a epizonale.

A parte la traslazione certamente più tardiva che ha portato la falda del Gottero a sopravanzare le sottostanti Unità Bracco e Colli Tavarone per sovrascorrere direttamente, per oltre trenta chilometri, sul Ligure Esterno o addirittura sulla Falda Toscana, l'essenziale della tettonica precede la deposizione del Bacino Terziario Piemontese ed è perciò interamente ascrivibile alle Fasi liguri.

Le Unità Liguri Esterne sono apparentemente meno intensamente deformate, in quanto prevalgono le pieghe aperte a grande raggio e solo raramente si osserva una scistosità

penetrativa. Il contatto tra Ligure Interno es Esterno si presenta come una superficie di accavallamento, relativamente raddrizzata, che corre approssimativamente lungo una linea che va da Ottone, in Val Trebbia, sino a Sarzana ed oltre.

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

4.1 ASPETTI INTRODUTTIVI GENERALI SULLE FORME DEL PAESAGGIO

La geomorfologia tratta dello studio e della descrizione delle forme della superficie terrestre o forme del rilievo e dei loro cambiamenti sotto l'influsso degli agenti esogeni ed endogeni (*Gisotti, 2011*). Di tali cambiamenti, gli agenti esogeni rappresentano le cause esterne alla crosta terrestre, tra cui i più importanti sono le acque meteoriche e le acque correnti, il calore solare (variazioni termiche), il vento, il moto ondoso, i ghiacciai e gli esseri viventi (l'uomo in primis), mentre gli agenti endogeni rappresentano invece le cause interne alla crosta terrestre, e sono i movimenti tettonici e il vulcanismo. I principali cambiamenti fisici, chimici e biologici provocati sulla superficie terrestre da queste due tipologie di agenti vengono definiti processi geomorfici (*Gisotti, 2011*), i quali, sulla base del tipo di agente, possono essere suddivisi in: tettonica e forme strutturali, vulcanismo, processi litorali (marini e lacustri), processi fluviali, processi carsici, processi eolici, processi glaciali, processi sui versanti e processi antropici.

Questi processi geomorfici si differenziano tra loro per l'intensità e la velocità con cui intervengono a modificare il rilievo; per quanto riguarda la velocità, in considerazione del tempo durante il quale il processo si manifesta, si possono individuare fenomeni a evoluzione lenta (per esempio il creep in roccia) e fenomeni a evoluzione istantanea (come i crolli), più tutti i casi intermedi. Le forme prodotte inoltre possono presentare un diverso stato di attività; principalmente si possono distinguere le forme attive, ovvero le forme che evolvono sotto l'attività dei processi geomorfici che l'hanno generate, e le forme inattive, forme che non evolvono più sotto l'attività di tali processi (*Gisotti, 2011*).

La superficie terrestre, cioè il substrato geologico, subisce tutte queste azioni in modo diversificato in funzione della propria natura litologica e delle condizioni strutturali in cui si

presenta, condizioni assunte a seguito di deformazioni tettoniche (plastiche e fragili) cui è stata sottoposta nel corso degli eventi orogenetici.

In particolare, la componente litologica va ad influenzare alcuni elementi come:

- l'erodibilità (ovvero la predisposizione delle rocce a essere soggetta all'erosione, ossia all'insieme di azioni fisiche, chimiche e biologiche che disgregano e alterano la roccia);

- la permeabilità (proprietà delle rocce di lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto della gravità), che a sua volta determina anche il deflusso delle acque sotterranee, la densità e la forma del reticolo idrografico, ecc.;

- le caratteristiche dei suoli;

- l'attività estrattiva, ecc..

Tutti questi aspetti vanno a loro volta a incidere sulle forme del rilievo. Inoltre, va ricordato come alcuni dei processi geomorfici siano strettamente legati alla litologia (ad esempio il processo carsico rispetto alle rocce carbonatiche) mentre altri non dipendano da tale fattore.

Esempi di condizioni strutturali possono essere:

- il grado di fratturazione o di fessurazione;

- la presenza di una foliazione/scistosità;

- la giacitura (a reggipoggio, a franapoggio, orizzontale).

Nello studio del paesaggio dal punto di vista geologico occorre però tener presente alcuni aspetti particolari: formazioni litologicamente diverse possono dar luogo a forme del rilievo molto simili (convergenza morfologica), viceversa una stessa formazione può dar luogo a forme diverse (divergenza morfologica) senza che vi siano evidenti variazioni litologiche o giaciturali (*Gisotti, 2011*).

In quest'ottica, alcuni tratti geomorfologici che saranno descritti in seguito sono già stati in parte presi in considerazione a proposito della caratterizzazione geologica e litostratigrafica, in

modo da sottolineare la stretta relazione tra morfologia e condizioni litologiche e strutturali del substrato geologico.

4.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO

Il territorio del Comune di Sesta Godano appartiene al versante sinistro della Val di Vara, di cui rappresenta una cospicua parte della sezione media e alta.

La regione è collinare con alcuni rilievi che superano i 1000m slm e culminano nel monte Gottero, separati da una serie di solchi vallivi orientati prevalentemente da Nord a Sud o da Nord-Est a Sud-Ovest con pattern subparallelo.

La particolare conformazione morfologica dell'ambiente non lascia molto spazio alle zone pianeggianti, di cui unica espressione è la terrazza del paese di Sesta Godano.

L'andamento morfologico del terreno, comunque, è notevolmente influenzato sia dalla litologia che dalla tettonica. I litotipi marnosi ed argillosi conferiscono un aspetto dolce ai versanti collinari a causa dello loro elevata erodibilità: è più frequente in questi ambiti la presenza di masse detritiche e conseguente modellamento di forme arrotondate e degradanti (massima frequenza di classi cliviometriche medio-basse). I litotipi arenacei e ofiolitici emergono nettamente dalle masse argillose data la loro maggiore resistenza all'erosione; le diverse caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi determinano fenomeni meteorologici distinti.

Dal punto di vista della instabilità, quindi, si possono distinguere, a grandi linee, due situazioni prevalenti:

- Nei terreni a prevalente componente argillosa_si identificano frane per debril-flow e/o liquefazione, forme erosive profonde, forme regressive localmente con potenzialità di cattura morfologica e diffusione ramificata di solchi idrici: da questo stato di fatto deriva un'instabilità diffusa e latente nell'area;
- Nei terreni più resistenti si evidenziano, invece, frane per crollo con nicchie di distacco ben nette ed evidenti lineamenti tettonici: ne consegue, in questo caso, una franosità localizzata e conseguente alla concomitanza di diversi fattori (fratturazione, carichi concentrati, discontinuità tettoniche, ecc.).

4.2.1 STATO DELLA ROCCIA

All'interno del Comune di Sesta Godano, come si è visto in precedenza, i litotipi presenti sono numerosi e caratterizzati da origine ed evoluzioni molto diverse tra loro.

Sullo stato di conservazione degli ammassi rocciosi, oltre la natura litologica e tessiturale, influiscono in primo luogo le condizioni tettonico-strutturali e la diversa esposizione agli agenti atmosferici.

Le zone di territorio comunale interessate da substrato roccioso al di sotto di 3 m di copertura in materiale sciolto, sono state suddivise, in funzione dello stato della roccia, nelle classi previste dalla DGR 714/2011:

- **1a**: substrato lapideo stratificato con jv>13;

- **1b**: substrato lapideo stratificato con 14<jv>23;

- **1c**: substrato lapideo stratificato con 24<jv>31;

- **3**: substrato lapideo granulare cementato;

- **B**: substrato lapideo molto fratturato e/o alterato.

La distinzione in classi rappresentative dello stato della roccia riportata sulla carta geomorfologica è stata operata principalmente su basi formazionali e giaciturali; va detto però che all'interno della stessa formazione possono trovarsi situazioni locali di conservazione del substrato roccioso anche diversificate tra loro.

✓ **Substrato lapideo stratificato con Jv < 13 (1a)**

A questa classe appartengono:

- le aree nord-orientali in cui affiora la formazione del Macigno, che preseta versanti molto acclivi con incisioni vallive profonde.

In corrispondenza di contatti tettonici, possono essere presenti localizzati settori in cui la roccia risulta molto fratturata.

- ✓ **Substrato lapideo stratificato con 14 < Jv < 23 (1b)**

A questa classe appartengono:

- le aree settentrionali di versante costituite da litotipi arenacei del monte Gottero, disposti con piani di stratificazione immergenti verso S con inclinazioni molto elevate, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante meridionale della dorsale montuosa;

- le aree meridionali e sud-orientali di versante costituite da litotipi arenacei del monte Gottero, disposti con piani di stratificazione immergenti verso N con inclinazioni medie, ponendosi in questo modo a reggipoggio rispetto al versante meridionale della dorsale montuosa;

- le aree centro-orientali di versante costituite da gabbri, disposti con piani di stratificazione immergenti verso E con inclinazioni medio-elevate, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante orientale della dorsale montuosa;

In queste zone le pendenze risultano medio-alte e possono essere presenti dissesti puntuali lungo le scarpate maggiori. Quanto detto sulle condizioni della roccia della classe precedente vale pure per questa classe; anche in questo caso, in corrispondenza di contatti tettonici, possono essere presenti localizzati settori in cui la roccia risulta molto fratturata.

- ✓ **Substrato lapideo stratificato con 24< Jv < 31 (1c)**

A questa classe appartengono:

- le aree orientali di versante costituite dalla fascia di terreni che comprende la Formazione di Val Lavagna, le Argille a Palombini, I Diaspri di Monte Alpe, la Formazione di Tavarone e il Flysch di Ottone;

I litotipi che interessano questa classe presentano in genere un elevato grado di fratturazione ed alterazione, con scistosità penetrativa e cappellaccio d'alterazione talvolta sviluppato; le giaciture degli strati (molto spesso però la superficie di stratificazione coincide con la superficie di scistosità) appaiono variabili, ma complessivamente risultano disposte a S-SW, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante.

Sui versanti caratterizzati da questo tipo di substrato sono frequenti fenomeni erosivi superficiali dovuti al ruscellamento diffuso, che interessano la sottile coltre detritica e la parte meno resistente del substrato. Nelle zone ad acclività maggiore e lungo i rii più incisi possono essere presenti dissesti superficiali di tipo puntuale, in particolare all'interfaccia bedrock/coltre. Inoltre, sono presenti rotture di pendio anche accentuate che in alcuni casi possono causare puntuali fenomeni d'instabilità dovuti a distacco di materiale dal ciglio, in particolare in alcuni tagli stradali sia della strada provinciale sia delle restanti strade comunali.

✓ **Substrato lapideo granulare cementato (3)**

A questa classe appartengono:

- le aree in cui sono presenti I depositi fluvio-lacustri villafranchiani costituiti dai Conglomerati di Olivola e la Formazione di Aulla;

I litotipi che interessano questa classe sono costituiti principalmente da depositi sciolti debolmente cementati, con matrice principalmente ghiaiosa nei Conglomerati di Olivola e argillosa nella Formazione di Aulla, con locali fenomeni di disgregazione e alterazione dei depositi a causa dell'azione meteorica.

✓ **Substrato lapideo molto fratturato e/o alterato (B)**

A questa classe appartengono principalemente le unità tettoniche di Canetolo del Domino Subligure, presenti principalmente nel settore orientale del territorio comunale:

- Arenarie di Ponte Bratica, Argille e Calcari del Canetolo, Arenarie di Petrignacola e Calcari del Groppo del Vescovo;

I litotipi che interessano questa classe presentano in genere un elevato grado di fratturazione ed alterazione, con scistosità penetrativa e cappellaccio d'alterazione talvolta sviluppato; le giaciture degli strati (molto spesso però la superficie di stratificazione coincide con la superficie di scistosità) appaiono variabili, ma complessivamente risultano disposte come la classe 1c a S-SW, ponendosi in questo modo a franapoggio rispetto al versante.

4.2.2 COLTRI DI COPERTURA

Sotto questa dicitura rientrano quei depositi superficiali incoerenti o poco cementati che ricoprono generalmente il substrato roccioso.

Con il termine “coperture eluvio-colluviali” vengono intesi i prodotti della degradazione superficiale del bedrock. Quando i detriti che derivano dal disfacimento rimangono a ricoprire la roccia da cui si sono originati, la copertura è detta eluviale o eluvium; se invece il detrito viene trasportato e ridimensionato lungo il versante dalle acque dilavanti e dalla forza di gravità, la copertura viene definita colluviale o colluvium. I depositi eluviali a causa del modesto o nullo trasporto subito non presentano una classazione granulometrica, mentre nei depositi colluviali la selezione granulometrica risulta migliore. In generale, il colluvio occupa spesso la zona di transizione tra i versanti e le aree di fondovalle sottostanti, mescolandosi frequentemente con i depositi alluvionali.

Le due tipologie di coperture vengono prese in considerazione unitamente in quanto riuscire a discriminare con sicurezza le due nature sul terreno risulta spesso difficile.

In generale, questi depositi presentano erodibilità molto elevata e caratteristiche geotecniche scadenti, per cui sono soggetti a frequenti dissesti, spesso innescati da abbondanti precipitazioni o dall’intervento antropico (in quanto sono i materiali che più spesso vengono interessati da scavi).

Le coperture eluvio-colluviali inoltre, in considerazione degli aspetti pedologici e morfologici, vengono molto spesso utilizzate per l’agricoltura.

Una buona parte dei versanti nel territorio comunale è interessato dalla presenza di queste coltri di copertura in cui è stato ipotizzato uno spessore della copertura maggiore di 3 m e che sono state distinte e riportate sulla carta geomorfologica secondo queste modalità:

- **GM_{ec}** ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale. Sono presenti unicamente in sottili lembi all’interno delle formazioni del Domino Subligure;

- **GM_{fd}** ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale. Sono sviluppate su quasi tutto il territorio comunale, in particolare in tutto il centro abitato di Sesta Godano e talvolta sono associate a fenomeni di instabilità più o meno accentuati;

- **SM_{ec}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale. Sono sviluppate sia nel settore meridionale in corrispondenza di alcuni rilievi arenacei sia in sottili lembi all'interno delle formazioni del Domino Subligure;

- **CL_{ec}** argille inorganiche di media bassa plasticità, argille ghiaiose e/o sabbiose, argille limose, argille magre in ambiente di versante elluvio/colluviale. Sono sviluppate nei terreni a sud del centro abitato di Groppo, nei pressi del torrente Gottero a sud del centro abitato di Sesta Godano e a sud del Passo delle Piane.

All'interno della categoria delle coltri di copertura vengono inoltre considerate e distinte in legenda altre quattro tipologie di depositi:

- **GW_{es}** ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscella di sabbie e ghiaie in ambiente fluvio-lacustre – argini/canali, ubicate principalmente lungo il fondovalle del Fiume Vara;

- **GM_{pl}** ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – piana inondabile, ubicate principalmente lungo il fondovalle del torrente Mangia;

- **SM_{pd}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – piana pedemontana, ubicate unicamente in un sottile limbo ai margini del torrente Gottero;

- **SM_{ca}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – conoide alluvionale, ubicate unicamente nei pressi del fondovalle del torrente Mangia.

Definire dei limiti precisi alle zone con presenza di coltre eluvio-colluviale non è sempre semplice in quanto esse, adattandosi alla superficie del bedrock, possono presentarsi a volte in maniera molto discontinua, con alternanze di tratti a copertura prevalente e tratti con substrato emergente.

5 FRANOSITÀ

Il termine frana viene usato genericamente per intendere un movimento di una massa di roccia, terra o detrito verso il basso lungo un versante. Questi movimenti hanno molteplici cause che possono essere distinte in “fattori predisponenti” e in “fattori determinanti”.

I fattori predisponenti sono rappresentati da tutte quelle caratteristiche del versante che possono creare situazioni favorevoli alla generazione di frane, tra cui possono essere distinte: le condizioni geologico-strutturali, le condizioni idrogeologiche, le condizioni morfologiche e la presenza o meno di copertura vegetale.

I fattori determinanti raggruppano sia cause naturali (piogge intense, infiltrazioni d’acqua, terremoti, ecc.) sia cause antropiche (scavi, sbancamenti, disboscamenti, sovraccarichi sul versante, ecc.) che possono dare il via al movimento franoso.

I tipi di movimento che possono interessare roccia, terra o detrito sono solitamente distinti in sei gruppi principali: crolli, ribaltamenti, scivolamenti (rotazionali e traslativi), espansioni laterali, colamenti e complessi. In base allo stato di attività di una frana si possono definire quattro condizioni:

- frane attive, ovvero quando il processo gravitativo, generato nelle condizioni morfologiche e climatiche attuali, è in atto al momento del rilevamento;
- frane quiescenti, quando il movimento generato non mostra segni di attività al momento del rilevamento, ma potrebbe riattivarsi al ricomparire delle cause che l’avevano generato;
- frane inattive (paleofrane), quando non è in atto nessun processo gravitativo e le cause che l’avevano generato sono da escludersi in riferimento alle attuale condizioni morfologiche e climatiche;
- frane non definite, quando non è possibile definire lo stato di attività di un corpo franoso.

Nell’areale del Comune di Sesta Godano, a seguito dei rilevamenti effettuati e delle informazioni provenienti dall’Autorità di Bacino del Fiume Magra, dal Progetto IFFI e dall’Atlante

dei Centri Abitati Instabili della Liguria-Provincia di La Spezia, sono state individuate alcune criticità di questo tipo riconducili essenzialmente a:

- una franosità attiva con differenti tipologie, riguardante prevalentemente i fenomeni di debril flow lungo le pendici del torrente Mangia e il corpo di frana interessante il centro abitato di Mangia, una frana nei pressi del centro abitato di Pignona e una nei pressi di quello di Rio, una frana in località Costa nei pressi del centro abitato di Sesta Godano;
- una franosità quiescente con differenti tipologie in corrispondenza principalmente della località Calabria, Casa Farraini, Cascine Inara, Crovarola, Merzò, Pian di Mezzo, Ponte Garolo e Suria e nei centri abitati di Antessio, Oradoro, Pignona, Santa Maria di Sesta Godano. Altri corpi di frana quiescenti sono diffuse all'interno di tutto il territorio comunale in zone boschive e/o non insediate;
- una franosità inattiva con differenti tipologie in corrispondenza unicamente di zone boschive e/o non insediate;
- una franosità non definita con differenti tipologie in corrispondenza della località La Chiesa nei pressi del centro abitato di Sesta Godano, a sud del centro abitato di Scogna Inferiore e in corrispondenza di zone boschive e/o non insediate.

6 CARTA ACCIVITA'

L'acclività di un versante dipende principalmente da fattori litologici e strutturali, intrinseci ad esso, e da fattori esterni come le condizioni climatiche (erosione idrometeorica) e l'attività antropica (scavi, sbancamenti, ecc.). La sua analisi è molto importante nello studio del paesaggio, in quanto:

- è un fattore pedogenetico, poiché determina la genesi e l'evoluzione del suolo controllando l'erosione e l'accumulo dei detriti;
- è un fattore generale del dissesto idrogeologico, poiché è fra le cause preparatrici delle frane;

- condiziona il deflusso idrico superficiale (il tempo di corrivazione, a parità di altre condizioni, è inversamente proporzionale alla pendenza);

- è un fattore di possibile amplificazione sismica locale.

Questo tematismo viene reso possible da parte degli uffici cartografici della Regione. Le pendenze sono raggruppate in 7 classi.

CLASSI DI PENDENZA	INTERVALLI DI VALORE (IN GRADI)
classe 1	0-10%
classe 2	11-20%
classe 3	21-35%
classe 4	36-50%
classe 5	51-75%
classe 6	75-100%
classe 7	>100%

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La carta idrogeologica è stata derivata dalla sovrapposizione delle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni relative alle fonti di prelievo idrico disponibili e relative agli studi idrologici ed idraulici contenuti nella Pianificazione di Bacino, nei tematismi messi a disposizione dagli Uffici Regionali e da fonti fornite dall'Arch. Antonio Scopesi.

Sulla carta è stata segnalata:

- la permeabilità dei terreni (formazioni geologiche e coltri);

- l'ubicazione delle emergenze idriche (sorgenti) utilizzate e captate per uso pubblico;

- la gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo Horton-Strahler.

7.1 PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Il concetto di permeabilità esprime la caratteristica fisica di terreni e rocce ad essere attraversate dalle acque d'infiltrazione per effetto della forza di gravità e viene definito da un parametro chiamato coefficiente di permeabilità (K) sottoforma di velocità (m/s). Sotto questo aspetto i terreni e rocce possono essere suddivise in due macrogruppi, impermeabili, quando al loro interno non si hanno movimenti di acque a causa della mancanza di vuoti (pori o fessure) di dimensioni sufficienti a garantire un deflusso, e permeabili, quando l'acqua riesce a defluire attraverso i pori esistenti fra i granuli componenti il terreno o attraverso le fessure presenti nell'ammasso roccioso.

Nel presente studio il termine permeabilità è inteso come relativo ed identifica il comportamento idrodinamico di un complesso idrogeologico nei confronti di altri limitrofi. I differenti tipi di permeabilità relativa sono dovuti alle caratteristiche litologiche e tessiturali delle rocce e alla storia geologica delle stesse; tra le prime le più importanti sono la composizione mineralogica e la porosità primaria (cioè quella che si sviluppa nella roccia durante il suo processo di formazione), tra le seconde la porosità secondaria (che è quella acquisita dalla roccia dopo che si è formata: fessurazione, fratturazione, stratificazione, scistosità) e l'alterazione chimico-fisica.

I tipi di permeabilità relativa possono essere riassunti in tre tipologie:

- permeabilità per porosità primaria;

- permeabilità per fessurazione e/o fratturazione.

Un terreno può presentare un singolo tipo di permeabilità relativa ma più di frequente è possibile ritrovare più tipi associati (ad esempio le rocce carbonatiche sono allo stesso tempo

permeabili sia per fratturazione sia per carsismo, pur non essendo presente quest'ultima tipologia di permeabilità nel territorio comunale).

I fattori che possono influenzare i complessi a permeabilità relativa per fratturazione sono principalmente: la composizione mineralogica della roccia, la tipologia delle discontinuità (giunti di stratificazione, fratture, scistosità, ecc.) e le caratteristiche delle discontinuità (orientazione, immersione, estensione, apertura, riempimento delle singole discontinuità).

I complessi a permeabilità relativa per porosità primaria risentono invece della litologia e dei caratteri petrografici di granuli e matrice, delle caratteristiche granulometriche, dei caratteri strutturali e dell'omogeneità presente in sito.

Le classi di permeabilità relativa cartografate sono state quattro e sono le seguenti:

- ✓ permeabilità per porosità (pp)
- ✓ permeabilità per fratturazione (pf)
- ✓ semipermeabilità (sp)
- ✓ impermeabilità (im)

Terreni permeabili per porosità (pp)

Sono costituiti dalle coltri di copertura a granulometria ghiaiosa-sabbiosa di spessore ipotizzato maggiore a 3 m, dai paleoaccumuli e dai depositi alluvionali in parte terrazzati del fondo valle. Il grado di permeabilità può essere variabile in funzione della natura della matrice compresa tra i granuli, per cui una matrice di tipo limoso-argillosa comporterà una riduzione della permeabilità del terreno.

Terreni permeabili per fratturazione (pf)

Le formazioni geologiche connotate da una permeabilità prevalentemente dovuta alla porosità secondaria costituiscono la maggioranza delle aree cartografate. Tali formazioni sono: Arenarie di Monte Gottero, Diaspri di Monte Alpe, Gabbri, Serpentiniti, Flysch di Ottone, Complesso di Casanova e Macigno.

Terreni semipermeabili

Sono rappresentati solamente dagli affioramenti delle litologie afferenti al Dominio Subligure (Arenarie di Ponte Bratica, Argille e Calcari del Canetolo, Arenarie di Petrignacola e Calcari del Gruppo del Vescovo) e alle coltri di copertura con spessore > 3 m aventi granulometria prevalentemente limosa.

Terreni impermeabili

Sono rappresentati dai depositi con granulometria prevalentemente argillosa e dalle Argilliti di Giaiette, dalle Argille a Palombini, dalla Formazione di Tavarone e dalla Formazione di Val Lavagna.

Nel complesso, si può quindi descrivere che negli ammassi rocciosi del territorio di Sesta Godano la circolazione idrica sotterranea si svolga in prevalenza nelle rocce carbonatiche fratturate e, in misura minore, nei depositi continentali per porosità.

Gli acquiferi presenti sono da definirsi complessi e discontinui in relazione alle frequenti variazioni di facies litologica e al condizionamento della tettonica, con prevalenza di meccanismi di circolazione profonda lungo le discontinuità dell'ammasso roccioso; le sorgenti sono abbastanza frequenti, per lo più individuate per contrasto di permeabilità tra le coltri di copertura e le formazioni rocciose semipermeabili o permeabili per fratturazione/fessurazione.

7.2 CAPTAZIONI AD USO POTABILE - SORGENTI

Le sorgenti sono punti della superficie topografica in cui si verifica la venuta a giorno di acque sotterranee, legata a cause connesse con l'assetto e con la dinamica idrologica locale; a seconda che la portata idrica della sorgente sia continua o meno nel tempo si possono distinguere le sorgenti perenni e le sorgenti temporanee. Le aree a monte delle sorgenti vengono definite aree d'alimentazione, in cui si formano e si rinnovano le risorse idriche che alimentano la portata risorgiva (*Civita, 2005*).

Il numero di sorgenti presenti all'interno del territorio di Sesta Godano è discreto. L'assetto locale può essere descritto individuando un'ampia area d'alimentazione posta nella fascia altimetrica più elevata in corrispondenza delle rocce arenacee permeabili per fratturazione e carsismo (Arenarie di Monte Gottero), sede quindi dell'infiltrazione maggiore delle acque di precipitazione e di ruscellamento superficiale. Inferiormente a quest'area, si possono invece riconoscere almeno due zone a contrasto di permeabilità: una a contatto con la fascia semipermeabile delle Arenarie di Ponte Bratica, Argille e Calcari del Canetolo, Arenarie di Petrignacola e Calcari del Gruppo del Vescovo, e l'altra costituita da terreni permeabili unicamente per fratturazione. Sono queste le aree in cui si verifica maggiormente la venuta a giorno delle acque sotterranee, possono quindi definirsi delle aree risorgive la cui posizione è condizionata dal contatto strutturale tra rocce a permeabilità inferiore e l'acquifero carbonatico soprastante.

Sulla carta idrogeologica sono state ubicate in totale 44 sorgenti, alcune captate ad uso pubblico ed alcune non captate. Nessuna delle sorgenti presenta una portata ed una alimentazione costante, ma risultano dipendenti dall'andamento stagionale degli apporti meteorici.

Inoltre, nella carta idrogeologica sono stati cartografati 4 pozzi:

- ✓ "La Fontana e Chiusola", per pescicultura con q=4 l/s, concessionaria l'Amministrazione Provinciale area 9;
- ✓ "Maggiuetta", per uso irriguo con q=0,15 l/s, concessionaria Sig.ra Angiolini Gelsomina;
- ✓ "Porcia", per uso irriguo con q=0,16 l/s, concessionaria Società Semplice Calasco-Ricci-Martini ed altri;
- ✓ "Fg 61 mappale 119", per uso irriguo con q=14 l/s, concessionario Sig.re Fani Fabrizio.

8. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

8.1 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati geotecnici e geofisici utilizzati per il presente studio provengono dai dati presenti negli archivi comunali estrapolati dalle relazioni geologiche depositate e in parte da indagini effettuate ex

novo. Non sono state prese in considerazione alcune prove penetrometriche dinamiche leggere in quanto ritenute non attendibili ai fini del presente studio e comunque spinte in genere a scarsa profondità

I dati utilizzati per il presente studio sono basati sulle seguenti indagini suddivise per tipologia e numero, sono state tutte effettuate ex novo appositamente per il presente studio 16 indagini HVSR (misure di F0), 12 stazioni geomecacniche, 2 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere e 1 indagine sismica a rifazione.

Indagini puntuali (geologia, geotecnica in sito, geofisica)

- ✓ 1 sondaggio a carotaggio continuo (ID S)
- ✓ 1 sondaggio con prova penetrometrica in foro SPT (ID SPT)
- ✓ 16 prove penetrometriche dinamiche pesanti (ID DP)
- ✓ 4 prove penetrometriche dinamiche statiche (ID DS)
- ✓ 3 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere (ID DL
- ✓ 10 verticali virtuali lungo profili sismici a rifrazione (ID SR), il cui inserimento delle informazioni relativi alle verticali indagate hanno implicato la determinazione di siti puntuali in ottemperanza alle disposizioni contenute negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.0b".
- ✓ 16 misure di microtremori a stazione singola (ID HVSR)
- ✓ 12 stazioni geomeccaniche (ID GEO)

Indagini lineari (geofisica)

- ✓ 9 MASW (ID MASW)
- ✓ 5 sismiche a rifrazione (ID SR)

8.2 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI - MISURE PASSIVE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Ad integrazione delle informazioni riguardanti la stratigrafia di sottosuolo ottenute da indagini precedenti svolte nell'area di interesse (su cui normalmente si basa la microzonazione di livello 1), si è ritenuto di procedere nell'esecuzione di una campagna di misure del rumore sismico

ambientale in vari punti d'interesse del territorio comunale. Sono state effettuate 16 nuove misure mediante tromografo digitale, modello Tromino (Micromed S.p.A), allo scopo di stimare la frequenza di risonanza in quei siti in cui si è ritenuto opportuno valutare sperimentalmente la presenza di effetti di amplificazione sismica locale (depositi alluvionali/coltri di spessore ipotizzato maggiore di 3 m, substrato rigido fratturato).

Tale metodologia di indagine, descritta nei paragrafi successivi, consente infatti di valutare in modo molto speditivo la presenza di effetti di amplificazione sismica locale permettendo, in caso di contrasti di impedenza significativi e in siti non caratterizzati dalla presenza di forme sepolte particolarmente complesse (valli, bacini, ecc.) di definire il valore della frequenza fondamentale (f_0) del sito stesso.

Il rumore sismico ambientale costituisce il campo di onde sismiche presente in ogni punto della superficie terrestre, dovuto a fenomeni di origine naturale (onde marine, vento, variazioni barometriche, ecc.) e antropica (traffico veicolare, rumore industriale, ecc.). Nel complesso, si tratta di piccole vibrazioni caratterizzate da ampiezze non percettibili dall'uomo (dell'ordine di 10^{-4}-10^{-2} mm). L'analisi del campo delle vibrazioni ambientali costituisce la base di numerose tecniche di sismica passiva, finalizzate alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di osservazione. Tali tecniche di sismica passiva si prestano bene ad essere utilizzate nello studio della risposta sismica locale, in quanto il rumore ambientale è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi (decine o centinaia di metri) che risultano confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici; tramite queste tecniche risulta possibile determinare i periodi di risonanza delle coperture sedimentarie e il profilo di velocità delle onde S fino a profondità dell'ordine di diverse decine di metri (*Gruppo di lavoro MS, 2008*).

Le configurazioni sperimentali per la misurazione del rumore sismico sono essenzialmente due:

- a stazione singola, configurazione basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del rumore nelle tre direzioni dello spazio, misurate in un punto tramite un sensore a tre componenti;
- ad antenna sismica (array), configurazione in cui vengono analizzati i rapporti di fase o di gruppo dei diversi treni d'onda che attraversano una distribuzione di geofoni disposti su una superficie estesa di terreno (antenna sismica o array).

Per quanto riguarda la configurazione a stazione singola, una tra le tecniche più utilizzate è quella conosciuta come metodo H/V o come tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o ancora come metodologia Nakamura (1989).

Il metodo H/V si basa sui rapporti di ampiezza spettrali tra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) del rumore sismico registrato in un determinato punto della superficie del terreno, e consente, generalmente, di ottenere informazioni riguardo i possibili fenomeni di risonanza sismica (in particolare circa la *frequenza fondamentale*, $\mathbf{f_0}$) attraverso l'interpretazione delle cosiddette curve H/V.

Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alle componenti orizzontali del moto e alla componente verticale) in funzione della frequenza. Le frequenze a cui la curva H/V mostra dei valori massimi possono essere riconducibili alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura; questi picchi possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura. Nel caso in cui la misura venga effettuate su substrato roccioso affiorante la curva non mostra massimi significativi e si attesta attorno a 1 in tutto il dominio di frequenza.

L'ampiezza dei picchi H/V è correlata in modo non lineare con l'entità del contrasto di impedenza tra i due mezzi che genera risonanza e quindi anche – seppure sempre in modo non lineare - al fattore di amplificazione dell'onda SH.

Le misure H/V danno quindi la possibilità di individuare la presenza di fenomeni di risonanza sismica e indicano per quali frequenze il fenomeno possa avvenire (ma non immediatamente del valore assoluto dell'amplificazione, che può invece essere stimato attraverso altre correlazioni o modellazioni); per questo motivo vengono utilizzate sempre più frequentemente negli studi di microzonazione sismica, in considerazione anche della rapidità e dell'economicità della misura.

Oltre ad alcuni limiti di applicabilità del metodo (presenza di sorgenti antropiche monocromatiche, effetto del vento.

8.3 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE

La strumentazione utilizzata per la misura del microtremore è costituita da un tromografo digitale, modello Tromino®Zero distribuito dalla Micromed S.p.A.. Si tratta di un apparecchio di

ridotte dimensioni (10x7x13 cm) e dal peso minimo (circa 1 kg), progettato appositamente per questo tipo di misure; è costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e Verticale, rispettivamente ortogonali tra loro, che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore, con conversione A/D > 24 bit. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 200 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale di 1 GB, da cui possono essere trasferiti ad un PC mediante cavo usb.

Dal punto di vista pratico, al fine di ottenere una corretta registrazione del rumore, ogni singola prova è stata effettuata tenendo conto dei seguenti criteri realizzativi:

- sono stati scelti siti per la misura grosso modo pianeggianti e per quanto possibile lontani da sorgenti di rumore monocromatiche di tipo antropico;
- il contatto tra lo strumento e il suolo è stato reso ottimale, con i piedini di forma conica di cui è dotato direttamente infissi nel terreno;
- una volta reso solidale con il terreno, il tromografo è stato messo in bolla e orientato secondo la direzione del Nord;
- lo strumento è stato acceso e, una volta controllato il funzionamento dei sensori, si è potuto iniziare la registrazione per un periodo della durata di 14 minuti, utilizzando una frequenza di campionamento pari a 128 Hz;
- durante la registrazione è stato evitato ogni possibile movimento da parte dello strumento e attorno ad esso, verificando a fine misura il mantenimento dell'orizzontalità.

8.4 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI

Successivamente all'acquisizione delle registrazioni di rumore sismico, si è provveduto ad analizzare i segnali attraverso il codice di calcolo denominato "Grilla", appositamente sviluppato per lo strumento Tromino; in pratica, con questo software è possibile archiviare, analizzare e revisionare le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto durante le registrazioni.

Obiettivo dell'elaborazione dei dati è stato quello di calcolare la curva H/V media per ogni singola misurazione. Preliminarmente, è stata controllata la qualità del rumore sismico acquisito, verificando la stazionarietà del segnale e l'assenza di eventuali transienti sismici monocromatici

legati ad attività antropiche, così da riconoscere gli intervalli di frequenza realmente utilizzabili in fase di interpretazione.

La curva H/V media è stata ottenuta mediante un procedimento che può essere schematizzati nel seguente modo:

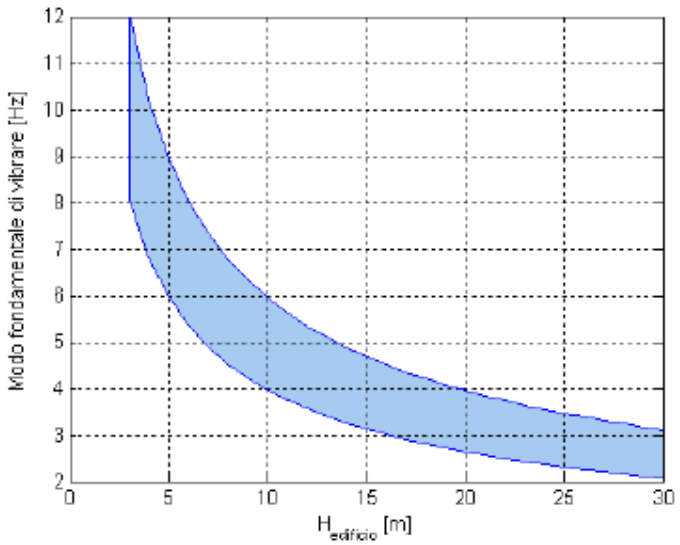
1) frazionamento dell'intera traccia registrata in sotto-finestre della durata in genere di 20 secondi ("*Window size*");
2) eliminazione delle sotto-finestre contenenti transienti legati a sorgenti specifiche prossime al sensore come passi o passaggio di automobili;
3) calcolo degli spettri in ampiezza di Fourier per ogni sotto-finestra selezionata e per ogni componente del moto;
4) lisciamento degli spettri di Fourier generalmente attraverso un tipo di smoothing triangolare ("*Smoothing type*") al 10% rispetto alla frequenza centrale;
5) calcolo per ogni sotto-finestra selezionata della curva H/V, dove H rappresenta la media (solitamente geometrica) delle due componenti spettrali del rumore sul piano orizzontale (N-S e E-W);
6) calcolo della curva H/V finale, corrispondente alla media dei rapporti spettrali calcolati in ciascuna sotto-finestra, e definizione del relativo intervallo di confidenza.

Come precedentemente accennato, prima di utilizzare le informazioni ricavabili dall'applicazione della metodologia Nakamura ovvero dalle curve H/V, è assolutamente necessario stimare il livello di affidabilità di ciascuna singola misura effettuata. Solo a seguito di questa fase di validazione del dato sperimentale, la curva H/V e, quindi, il valore della eventuale frequenza di risonanza del sito, può essere interpretata al fine di confermare o meno la presenza di effetti di sito all'interno dell'area investigata. La qualità delle misure H/V è stata valutata attraverso i criteri di significatività del Progetto SESAME (2004).

8.5 INTERPRETAZIONE E SINTESI DEI RISULTATI

La carta evidenzia 16 misurazioni ex novo a fianco di ciascuna misurazione viene riportato il valore ove presente della frequenza fondamentale di risonanza del terreno corrispondente al picco principale evidenziato dal grafico H/V medio di ogni misura. Nel caso di più picchi di frequenza si è riportato il principale solo se ricadente in un campo di frequenza di interesse ingegneristico (confrontabile con i campi di frequenze proprie caratterizzanti in genere gli edifici) altrimenti si è riportato il valore di eventuale picco secondario ricadente in tale campo.

A titolo di esempio indicativo tale campo per edifici in cemento armato entro gli 8 piani circa può variare tra i 2 Hz e i 12 Hz in dipendenza dall'altezza del fabbricato (ovviamente il calcolo effettivo deve essere fatto col confronto con il periodo della struttura evinto dai calcoli strutturali).



Questo per l'importanza di valutare nella programmazione di un approfondimento quantitativo degli studi di microzonazione sismica (livello 2 e livello 3) una eventuale verifica di possibili fenomeni di doppia risonanza (edificio/terreno) estremamente pericolosi dal punto di vista del rischio sismico.

Di fatto le misure effettuate in presenza di substrato rigido molto fratturato hanno riscontrato fenomeni di amplificazione determinanti una frequenza fondamentale di risonanza di interesse variabile tra 2,5 e 14 Hz dipendente dal grado di fratturazione e dal suo sviluppo in profondità.

Le misure effettuate su terreni della fascia pedemontana evidenziano amplificazioni locali con frequenze fondamentali di risonanza variabili tra 2 e 4.5 Hz in dipendenza dei minori o maggiori spessori dei depositi.

Le misure effettuate su terreni di copertura di piana costiera evidenziano amplificazioni locali con frequenze fondamentali di risonanza variabili tra gli 1 ed i 3 Hz in ragione di del tutto logici maggiori spessori di copertura.

Sono presenti alcune misure anomale (cmq di bassa qualità) in cui le evidenze geologiche e geomorfologiche evidenziano situazioni non immediatamente correlabili con le misure di frequenza e quindi meritevoli di approfondimenti ulteriori.

8.6 ELABORATI CARTOGRAFICI

In concomitanza con l'elaborazione del Piano Urbanistico Comunale è stato eseguito anche lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, di cui nel seguito vengono descritte le elaborazioni delle carte tematiche intermedie:

- *carta delle indagini*
- *carta geologico tecnica per la microzonazione sismica*

e della carta finale sintesi dello studio:

- *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*

Si evidenzia che i colori utilizzati nei simboli e nei retini degli shapefiles descritti nei paragrafi successivi sono stati convertiti in tricromia (formato RGB), a partire dalla tabella di conversione Pantone-CMYK allegata agli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" - Versione 4.0, in quanto il modello di colore in quadricromia CMYK non è supportato dai software GIS.

8.6.1 CARTA DELLE INDAGINI

Sulla carta delle indagini (non allegata al presente Piano Urbanistico Comunale) sono state riportate l'ubicazione e la tipologia delle indagini puntuali sia di quelle pregresse che delle nuove effettuate appositamente per lo studio di microzonazione sismica. Le indagini sono costituite da:

Indagini puntuali (geologia, geotecnica in sito, geofisica, geotecnica di laboratorio)

- ✓ 1 sondaggio a carotaggio continuo (ID S)
- ✓ 1 sondaggio con prova penetrometrica in foro SPT (ID SPT)
- ✓ 16 prove penetrometriche dinamiche pesanti (ID DP)
- ✓ 4 prove penetrometriche dinamiche statiche (ID DS)
- ✓ 3 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere (ID DL
- ✓ 10 verticali virtuali lungo profili sismici a rifrazione (ID SR), il cui inserimento delle informazioni relativi alle verticali indagate hanno implicato la determinazione di siti puntuali in ottemperanza alle disposizioni contenute negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.0b".
- ✓ 16 misure di microtremori a stazione singola (ID HVSR)
- ✓ 12 stazioni geomeccaniche (ID GEO)

Indagini lineari (geofisica)

- ✓ 9 MASW (ID MASW)
- ✓ 5 sismiche a rifrazione (ID SR)

La distribuzione delle indagini risulta concentrata prevalentemente nei pressi del centro abitato di Antessio, Cornice, Mangia e Sesta Godano e lungo le aree di fondovalle del torrente Mangia, Gottero e del Fiume Vara.

8.6.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Tematismi realizzati appositamente per lo studio di microzonazione allo scopo particolare di differenziare in unità litotecniche le zone caratterizzate sia da substrato rigido affiorante sia da terreni di copertura accorpate per tipologia e per genesi. Essa deriva fondamentalmente dalla carta geologica, dalla carta geomorfologica e costituisce il fondamento della carta geologico-tecnica del Piano Urbanistico Comunale; vengono inoltre riportati i lineamenti tettonici. Lungo l'area in studio sono diffuse coperture detritiche di natura mista eluvio colluviale di spessore inferiore a 3 m e pertanto non cartografate ai fini del presente studio.

Al fine della redazione della carta litotecnica, relativamente alle formazioni geologiche presenti nelle aree di interesse dallo studio di microzonazione ci si è riferiti alle indicazioni sulla distinzione generale in termini litotecnici delle formazioni geologiche adoperata all'interno degli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (versione 4.0), la quale propone una suddivisione della tipologia del substrato, della stratificazione e del grado di fratturazione.

Sono state individuate le seguenti unità litologiche, per quanto riguarda il substrato geologico:

- ✓ Lapideo (LP): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti ai Gabbri, Serpentiniti, Formazione di Tavarone con olistoliti di serpentiniti e Formazione di Tavarone con olistoliti ofiolitici;

- ✓ Lapideo stratificato (LPS): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti alle Arenarie di Monte Gottero, Formazione di Tavarone con olistoliti di arenarie del Monte Gottero, Formazione di Tavarone con olistoliti di elementi calcarei;

- ✓ Alternanza di litotipi, stratificato (ALS): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti alle Argilliti di Giaiette, Argille a Palombini, Diaspri di Monte Alpe, Formazione di Tavarone con olistoliti di argille a palombini, Flysch di Ottone;

- ✓ Alternanza di litotipi (AL): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti al Macigno con olistostromi con brecce calcaree;

- ✓ Granulare cementato (GR): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti alle Brecce di Monte Zanone;

- ✓ Coesivo sovraconsolidato, stratificato (COS): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti alle Arenarie di Monte Gottero con intercalazioni argillose;

- ✓ Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato (SFALS): sono stati inseriti in questa unità i litotipi appartenenti alle Arenarie di Ponte Bratica, Argille a Calcari del Canetolo, Arenarie di Petrignacola e Calcari del Gruppo del Vescovo;

- ✓ Substrato geologico fratturato/alterato: *con riferimento alle categorie di substrato sopradescritte sono stati individuati settori con substrato geologico alterato e fratturato (SF).*

I terreni di copertura rilevati sul territorio sono:

- ✓ **RI –** terreni contenenti resti di attività antropica;
- ✓ **GW_{es}** ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscella di sabbie e ghiaie in ambiente fluvio-lacustre – argini/canali;
- ✓ **GM_{ec}** - ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale;
- ✓ **GM_{fd}** ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale;

- ✓ **GM_{pl}** ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – piana inondabile;

- ✓ **SM_{pd}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – piana pedemontana;

- ✓ **SM_{ca}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente fluvio-lacustre – conoide alluvionale;

- ✓ **SM_{ec}** sabbie limose, miscela di sabbia e limo in ambiente di versante elluvio/colluviale;

- ✓ **CL_{ec}** argille inorganiche di media bassa plasticità, argille ghiaiose e/o sabbiose, argille limose, argille magre in ambiente di versante elluvio/colluviale.

Nella carta vengono definite anche:

- Conoidi
- Picchi isolati
- Linee di cresta
- Orli di scarpata morfologica
- Sondaggi che raggiungono/non il substrato
- Giacitura degli strati e faglie
- Tracce sezioni geologiche

Nel territorio comunale si evidenziano le seguenti tipologie di dissesti catalogate in base alla genesi della frana ed allo stato di attività, la fonte del quadro della franosità sono i nuovi studi geologici del PUC, laddove tali studi presentano una sovrapposizione di più tipologie di movimento la frana è stata classificata come complessa per rendere il quadro della franosità conforme agli Standard 4.0:

- ➢ Scorrimento – attiva
- ➢ Colata - attiva
- ➢ Crollo o ribaltamento – attiva
- ➢ Complessa – attiva
- ➢ Non definita - attiva
- ➢ Scorrimento – quiescente
- ➢ Colata - quiescente
- ➢ Crollo o ribaltamento – quiescente
- ➢ Complessa – quiescente
- ➢ Non definita - quiescente
- ➢ Scorrimento – inattiva
- ➢ Colata – inattiva
- ➢ Crollo o ribaltamento – inattiva
- ➢ Complessa – inattiva
- ➢ Colata – non definita

- Complessa – non definita
- Non definita – non definita

8.6.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Scopo dello studio di microzonazione di livello 1 è stato quello di definire una suddivisione qualitativa del territorio comunale nelle tre macrozone a comportamento sismico omogeneo individuate dalla normativa, relativamente alle aree in cui sono presenti centri abitati o in cui è prevista dai piani territoriali un'espansione urbanistica. Tale suddivisione è stata realizzata attraverso l'elaborato denominato "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" (Mops). Lo schema procedurale utilizzato per la redazione della "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*" ha avuto come riferimento gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" formulati dal Dipartimento della Protezione Civile, e successivo aggiornamento e gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (Versione 4.0) elaborati dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica; la procedura può essere così riassunta:

1) individuazione delle zone stabili non suscettibili di amplificazioni: sono derivate dalle unità litotecniche della carta geologico tecnica appartenenti alle zone a substrato geologico rigido (con l'esclusione di quello molto fratturato-alterato);

2) individuazione delle zone stabili suscettibili di amplificazione litostratigrafica: sono derivate dalle unità litotecniche della carta geologico tecnica appartenenti ai terreni di copertura ed al substrato geologico molto fratturato-alterato;

3) individuazione delle zone di attenzione per instabilità di versante: in base ai dati geomorfologici;

4) individuazione delle zone di attenzione per liquefazioni: per incrocio dei dati litotecnici con quelli di profondità della falda;

5) individuazione delle zone di attenzione per faglie attive e capaci: in base ai dati bibliografici

6) individuazione delle zone di attenzione per cedimenti differenziali-crollo di cavità sotterranee-sinkhole

7) individuazione delle zone di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti

8) individuazione di forme di superficie: in base ai dati geomorfologici, da cui sono stati riportati gli orli di scarpata, le linee si cresta, i picchi isolati, le cavità isolate, le aree con cavità sepolte.

9) individuazione delle aree di attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche: attraverso sezioni topografiche tracciate su versanti acclivi (>15°) perpendicolari a creste o scarpate e passanti per aree urbanizzate od urbanizzabili allo scopo di definire le zone di approfondimento per studi successivi (vedi profili in allegato);

Sulla "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", sono state quindi cartografate le microzone all'interno delle quali la risposta sismica locale dal punto di vista QUALITATIVO presenta comportamento omogeneo. In allegato alla presente relazione per ogni microzona individuata ove possibile dai dati delle indagini e dalla bibliografia è stata visualizzata una colonna litostratigrafica indicativa ai sensi degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica".

La carta delle Microzone omogenee si presenta quindi come un elaborato piuttosto articolato nel quale le tre principali zone omogenee

– stabili

– stabili suscettibili di amplificazioni locali

– di attenzione

vengono suddivise in sottoclassi in ragione della variabilità litologico-litotecnica, dei caratteri geomorfologici dei territori indagati.

Sono state individuate sulla carta:

- ✓ 6 tipologie di microzone appartenenti alla Classe Stabile costituite da substrato rigido affiorante (minore 3 m di profondità): Lapideo – Lapideo stratificato – Granulare cementato non stratificato – Coesivo Sovraconsolidato stratificato - Alternanza di litotipi – Alternanza di litotipi stratificato;

- ✓ 6 tipologie di microzone appartenenti alla Classe Stabile Suscettibile di Amplificazione Stratigrafiche riconducibili a:
  - Zona 2099 -Substrato geologico molto fratturato-alterato
  - Zona 1 – terreni contenenti resti di attività antropica
  - Zona 2 - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di sabbie e ghiaie;
  - Zona 3 - Ghiaie limose, miscele di ghiaia sabbia e limo;
  - Zona 4 – Sabbie limose, miscela di sabbia e limo;
  - Zona 5 – Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre.

- ✓ 4 tipologie di microzone appartenenti alla Classe di attenzione per Instabilità:
  - 4 riconducibili a instabilità di versante ZA_{FR};

Tra le forme di superficie che possono generare possibili amplificazioni locali sono stati cartografate orli di scarpata morfologica, linee di cresta, picchi isolati.

Per quanto riguarda la redazione in ambiente GIS della Carta MOPS sono stati seguiti gli "Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica Versione 4.0" emessi dalla Commissione Tecnica per il Monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

In sintesi, dall'analisi della "*Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica"* è stato notato che:

- le categorie di microzone Stabili sono ampiamente estese lungo le zone di versante in genere caratterizzate da spessori di coltri di copertura inferiori a 3 m oltre ai piccoli nuclei urbanizzati sui versanti, esse comprendono anche vaste aree ubicate al piede dei versanti a raccordo con la piana alluvionale del Fiume Vara e del Torrente Gottero;
- le microzone Stabili Suscettibili di Amplificazione Stratigrafica sono estese a tratti lungo i versanti laddove la coltre di copertura assume spessori maggiori di tre metri; appaiono ampiamente estese nei tratti di fascia pedemontana/piana alluvionale comprendendo in

questo caso al proprio interna vaste porzioni dei centri abitati; appaiono estese anche nel settore sud-est e sud-ovest del territorio comunale in corrispondenza del fondovalle del Fiume Vara.

- le microzone di Attenzione per Instabilità di versante sono presenti in consistente numero in tutte le aree di versante:

Dott. Geol. Civelli Carlo
Dott. Geol. Verrando Ampelio
Dott. Geol. Verrando Enrico

28 Febbraio 2019

SOMMARIO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI STUDI GEOLOGICI A SUPPORTO DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE DEL COMUNE DI SESTA GODANO

1. INTRODUZIONE 1
1.1 METODOLOGIA DI LAVORO 2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
3.1 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI 5
3.2 SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO 6
3.3 TETTONICA ED ASSETTO STRUTTURALE 14
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 17
4.1 ASPETTI INTRODUTTIVI GENERALI SULLE FORME DEL PAESAGGIO 17
4.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO 19
4.2.1 STATO DELLA ROCCIA 20
4.2.2 COLTRI DI COPERTURA 23
5 FRANOSITÀ 25
6 CARTA ACCIVITA' 26
7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 27
7.1 PERMEABILITÀ DEI TERRENI 28
7.2 CAPTAZIONI AD USO POTABILE - SORGENTI 30
8. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 31
8.1 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 31
8.2 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI - MISURE PASSIVE DEL RUMORE SISMICO AMBIENTALE 32
8.3 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE 34
8.4 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI DATI 35
8.5 INTERPRETAZIONE E SINTESI DEI RISULTATI 37
8.6 ELABORATI CARTOGRAFICI 38
8.6.1 CARTA DELLE INDAGINI 39
8.6.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA 40
8.6.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA 43

TAVOLE ALLEGATE

1A – 1B CARTA GEOLOGICA – SCALA 1:10.000

2A – 2B CARTA GEOMORFOLOGICA – SCALA 1:10.000

3A – 3B CARTA IDROGEOLOGICA – SCALA 1:10.000

4A – 4B CARTA GEOLOGICA – SCALA 1:10.000

5A – 5B CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) – SCALA 1:10.000

6A – 6B CARTA GEOLOGICO-TECNICA – SCALA 1:10.000

7A – 7B CARTA DEI VINCOLI – SCALA 1:10.000