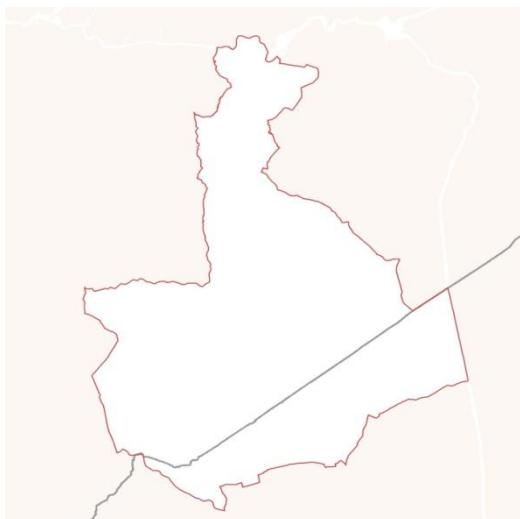


Civitella in Val di Chiana
Piano Strutturale

Giugno 2015

Relazione geologica


PROGETTO DI PIANO



Civitella in Val di Chiana

Piano Strutturale

Relazione geologica

 **socialdesign** Goffredo Serrini Claudio Zagaglia
Progetto e Coordinamento

Annalisa Ferruzzi Patrizia Sodi Laura Tavanti
Ufficio di Piano

Con
Sara Guarino

Consulenti

Pasquale Barone
Paesaggio e Ambiente

Silvio Casucci
Analisi socio-economiche e di scenario

Vincenzo Bentivegna
Valutazione Ambientale Strategica

NEMO srl
Componenti naturalistiche e uso del suolo

Sergio Tamarindi
Indagini geologiche

Paolo Paggini
Indagini idrauliche

SERGIO TAMARINDI
Geologo

Comune di Civitella in Val di Chiana
Provincia di Arezzo

PIANO STRUTTURALE
Indagini geologico-tecniche

C5.4
RELAZIONE GEOLOGICA
Maggio 2015

INDICE

• Premessa	pag. 2
• Carta geologica	pag. 4
• Carta geomorfologica	pag. 8
• Carta litologico-tecnica	pag. 11
• Carta idrogeologica	pag. 12
• Carta delle indagini in ambito MOPS	pag. 13
• Carta geologico-tecnica	pag. 14
• Carta delle frequenze fondamentali dei depositi	pag. 17
• Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	pag. 20
• Carta della pericolosità geologica	pag. 24
• Carta della pericolosità sismica	pag. 27

PREMESSA

Il Comune di Civitella in Valdichiana si estende su una superficie complessiva di 100,4 Kmq. L'altimetria dei centri abitati va da ca. m300s.l.m. a ca. m600s.l.m. La maggior parte della popolazione (circa il 70%) risiede nei centri di pianura quali Badia al Pino, Pieve al Toppo, Tegoletto e Viciomaggio. Il capoluogo amministrativo è Badia al Pino, dopo che nel 1917 vi venne trasferito il Comune, storicamente ubicato a Civitella. Il territorio confina con i comuni di Laterina, Bucine e Pergine Valdarno a nord-ovest; con Monte San Savino ed Arezzo rispettivamente a sud e a nord-est.

La morfologia del territorio è chiaramente determinata dalla natura geologica e litologica dei terreni, così come dai principali eventi geomorfologici. Il territorio comunale di Civitella in Val di Chiana, da un punto di vista geologico e morfologico, può essere così schematizzato:

- terreni di fondovalle distribuiti lungo il corso dei torrenti, caratterizzati da utilizzo per attività agricola e produttivo in genere;
- terreni collinari caratterizzati da morfologie più dolci in presenza di depositi prevalentemente argillosi e più aspre in presenza delle formazioni arenacee e calcaree.

La natura geologica condiziona evidentemente anche la copertura vegetale, non tanto e non solo per la predisposizione naturale di un terreno ad accogliere certe essenze vegetali, quanto per la forte e reiterata presenza umana in questi territori, presenza che ha concentrato il suo intervento là dove le condizioni di lavorabilità dei terreni erano più idonee e le morfologie più dolci.

Il reticolo idrografico è costituito da una serie di piccoli corsi d'acqua confluenti nelle aste fluviali principali, che in gran parte sono stati oggetto di interventi durante le varie fasi di bonifica della Val di Chiana. I corsi d'acqua confluiscono nel Canale Maestro della Chiana che si sviluppa per un lungo tratto nella parte orientale del territorio.

Come base cartografica è stata utilizzata, per la rappresentazione delle singole tematiche studiate, la carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 in formato vettoriale fornita dalla Provincia di Arezzo.

Le analisi emerse dal presente studio risultano di primaria importanza al fine di valutare il

SERGIO TAMARINDI
Geologo

corretto utilizzo del territorio per cui rappresentano un necessario strumento di base per la progettazione urbanistica finalizzato all'individuazione delle potenzialità d'espansione delle attività antropiche o della conservazione delle stesse. In questo contesto le analisi sono finalizzate alla possibilità di estrapolare dati tecnici il cui possesso risulta indispensabile al momento dell'analisi geotecnica dei vari progetti.

In relazione a quanto da D.P.G.R. 25/10/2011 n°53/R sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici :

- B9.1 Carta geologica
- B9.2 Carta geomorfologica
- B9.3 Carta litologico-tecnica
- B9.4 Carta idrogeologica
- B9.5 Carta delle indagini in ambito MOPS
- B9.6 Carta geologico-tecnica
- B9.7 Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- B9.8 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
- Tav. C5.1 Carta della pericolosità geologica
- Tav. C5.3 Carta della pericolosità sismica

E' esclusa dal presente elenco la carta di pericolosità idraulica (Tav. C5.2) perché descritta nella relativa relazione idraulica (C5.6) consegnata a parte rispetto alla presente.

CARTA GEOLOGICA

GENERALITA'

Nel Villafranchiano le acque provenienti dalla conca intermontana del Casentino, scorrendo attraverso la gola di Chiani, si diressero verso Sud per ricongiungersi al Paglia ed al Tevere. Si costituì quindi quel grande lago che iniziando da Chiani terminava nell'area di Chiusi e Montepulciano, la cui imponente estensione è ancora oggi testimoniata dalla presenza del lago Trasimeno. In seguito, la diminuzione di portata dell'Arno ed il conseguente accumulo di depositi argilloso-limosi e sabbioso-ciottolosi, determinò una riduzione di profondità del lago che venne a configurarsi come un ampio stagno i cui margini restavano periodicamente all'asciutto. Le acque centrali si riunirono in un alveo che fluiva ancora in direzione Sud, sia pur con pendenza molto limitata.

Più recentemente, l'accumulo di depositi alluvionali prodotti dai corsi d'acqua circostanti, determinò un'ulteriore riduzione di pendenza che finì per annullarsi completamente provocando ristagno di acqua e dando vita ad un'ampia palude.

TETTONICA

Il bacino della Valdichiana ha avuto un'evoluzione tettonica che a partire dal Miocene superiore, epoca in cui si è manifestato un sollevamento della porzione meridionale della Toscana, ha in circa cinque milioni di anni prodotto l'attuale assetto geotettonico. Successivamente al suddetto sollevamento, nel Pliocene inferiore, si è verificata una graduale subsidenza dell'area, che ha favorito l'ingresso da ovest del mare pliocenico arrivato ad estendersi fino alla dorsale dei Monti del Chianti. Durante questa fase si sono manifestati vari cicli deposizionali, testimoniati dalla presenza di fossili di facies marina e salmastra inclusi in sedimenti a granulometria variabile.

La fine dell'ingressione si ha a partire dal Pleistocene con un nuovo evento di sollevamento e l'impostazione del bacino fluvio-lacustre che ha determinato la sedimentazione di depositi prevalentemente di natura argilloso-limosa.

STRATIGRAFIA

Prima di entrare nel dettaglio delle caratteristiche geologiche delle unità affioranti nel comune di Civitella in Val di Chiana occorre introdurre il concetto di sintema che

rappresenta un corpo sedimentario complesso delimitato da superfici di discontinuità stratigrafica e costituito da gruppi di strati con geometria e litologia variabili, ma legati geneticamente, ossia depositi in contesti deposizionali diversi e contigui ed in continuità di sedimentazione.

Le superfici di strato possono toccare (ma non intersecare) le superfici di discontinuità stratigrafica alla base ed al letto dei sintemi. La ricostruzione nelle tre dimensioni della geometria e dell'architettura interna dei sintemi presenta il vantaggio di disporre di pacchi rocciosi costituiti al loro interno da gruppi di strati con peculiari giacitura ed organizzazione. La presenza di discontinuità stratigrafiche di ordine secondario consente la successiva divisione in subsintemi o sottosintemi.

Nel territorio comunale di Civitella affiorano unità litostratigrafiche appartenenti a terreni di età compresa tra l'Oligocene ed il Quaternario.

I litotipi rocciosi sono costituiti dalla Serie Toscana e da formazioni riferibili alle unità tettoniche sub-liguridi che costituiscono il substrato sul quale sono impostati, in discordanza, i depositi continentali fluvio-lacustri pleistocenici e alluvionali recenti.

DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

Riportiamo di seguito una sintetica descrizione dei sintemi presenti in carta partendo dai più recenti:

Supersintema delle pianure alluvionali

Sintema del Fiume Arno

- (bev) Conoide di versante (Olocene)

Materiale litoide a granulometria molto variabile, da qualche centimetro al metro immerso in matrice sabbiosa. Dal punto di vista litologico sono costituiti da ciottoli prevalentemente arenacei e calcarei. Tali depositi derivano dall'alterazione e disfacimento del substrato roccioso e dalla copertura detritica generatasi da movimenti gravitativi. Costituiscono generalmente la copertura della roccia in posto.

- (b) Depositi alluvionali attuali (Olocene)

Nelle aree di fondovalle sono presenti i depositi derivanti dai fenomeni di esondazione dei torrenti. La facies alluvionale è rappresentata da argille limose e sabbiose e da materiali grossolani in matrice sabbioso-limoso.

- (b1) Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene sup. - Olocene)

Sabbie, argille e ciottoli appartenenti all'ultima fase di deposito nel bacino della Chiana. La sedimentazione degrada da S a N.

Sintema del Valdarno Superiore

- (LAT) Limi di Latereto e limi di Pian di Tegna (Pleistocene medio)

Limi argilloso sabbiosi, localmente molto pedogenizzati di colore bruno-giallastro

- (SLE) Sabbie di Levane (Pleistocene medio)

Sabbie quarzoso-feldspatiche con elementi carbonatici.

- (LSO) Limi e sabbie del T. Oreno (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

Livelli alternati di limi e argille limose; spessore molto variabile da 2 a 10m.

- (ASC) Argille del T. Ascione (Pliocene sup.)

Sottile livello di 5-10m di argille torbacee.

Unità tettonica Sub-Ligure

- (SEN) Arenarie di Monte Senario (Oligocene?)

Le arenarie sono localizzate al tetto di SNE e la loro composizione è analoga al Macigno del Chianti da cui si distinguono macroscopicamente per la grana più grossolana e la maggior frazione argillitica in cui sono inglobati gli strati. La parte inferiore della serie ha estensione areale maggiore ed in essa i litotipi sono prevalentemente calcari grigi e marne giallastre. Sia le arenarie che i calcari presentano un assetto caotico in affioramento con strati disarticolati e frammentati.

- (SNE) Calcari e breccie di Monte Senario (Paleocene-Eocene?)

Si tratta di breccie, calcari marnosi e calcari psammitici con liste di selce, argilloscisti e arenarie. La porzione argilloscistosa è generalmente abbondante. Talora la componente calcarenitica è concentrata in pacchi di strati.

Unità tettoniche Toscane

- (CEV) Arenarie del Cervarola (Oligocene sup.-Miocene inf.)

Si tratta di arenarie quarzoso-feldspatiche turbiditiche, in strati di vario spessore, alternanti a marnoscisti ed argilloscisti siltosi; sono inoltre presenti lenti e banchi di marne e calcareniti. Talora sono presenti intercalazioni ripetute di strati calcarenitici o calciruditici o anche marnoso-calcarei.

- (MAC) Macigno (Oligocene medio-sup.-Miocene inf.)

E' un'alternanza di arenarie quarzoso feldspatiche con siltiti e argilliti scistose. Lo spessore degli strati di arenaria è rilevante (a differenza della CEV), raramente inferiore al mezzo metro raggiunte talora alcuni metri. Lo spessore delle siltiti e delle argilliti è invece assai ridotto.

Supersistema di bacini intermontani

Sistema della Val di Chiana

- (c2) Sabbie e limi di Sodi (Pleistocene medio-sup.)
- (c1) Ghiaie di Podere dell'Olmo (Pleistocene medio-sup.)
- (d-d3-d2-d1) Argille, argille siltose e sabbie di Foiano della Chiana (Pliocene sup. Pleistocene)

CARTA GEOMORFOLOGICA

La carta geomorfologica è stata redatta su tutta l'estensione del territorio comunale in base ad osservazioni stereoscopiche diacroniche di aerofotogrammi relativi ai voli effettuati per conto della Regione Toscana, confrontando quanto ottenuto con i dati relativi al "Censimento delle aree in dissesto da frana" di recente allestimento da parte della Autorità di Bacino del Fiume Arno. E' stato inoltre fatto riferimento a quanto riportato nella cartografia CARG e all'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione sono state poi verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico.

L'indagine geomorfologica si propone, attraverso un'analisi delle forme del paesaggio, di individuare i processi morfogenetici che agiscono nell'area e che nel loro insieme costituiscono la dinamica morfologica. Senza dubbio questa carta fornisce un'ampia gamma di informazioni (dagli aspetti puramente fisici all'assetto delle forme naturali ed antropiche), ma nell'ambito della pianificazione territoriale lo scopo da perseguire è quello di valutare i processi di maggiore rilievo e la loro influenza sull'ambiente.

Prima di passare all'analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda lo stato di attività dei fenomeni franosi.

Per *fenomeni attivi* si intendono quelli in continua evoluzione, le cui dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l'azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell'anno.

Per *forme non attive* si intendono fenomeni che non hanno subito movimenti per più cicli stagionali. A tale categoria possono essere ricondotte le frane "quiescenti" che risultano in apparente stato di stabilità. Il movimento può riprendere sia lungo la nicchia di distacco che nel cumulo della frana, in occasione di sensibili variazioni morfologiche, per eventi climatici anomali o in caso di adeguate sollecitazioni transitorie (interventi antropici, sisma,

ecc.). Si tratta di frane inattive che possono essere riattivate dalle proprie cause originali; in sostanza sono fenomeni per i quali permangono le possibilità di movimento. Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che, in concomitanza con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell'attività dinamica. Tali forme, durante il periodo di inattività, possono mostrare comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento.

Le *frane stabilizzate* comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere meno probabili nuove evoluzioni in senso dinamico.

Sulla carta sono stati riportati tutti quei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità delle aree in esame. In particolare sono state individuate e descritte:

Forme e processi di erosione idrica del pendio

Ruscellamento ed erosione

Forme dovute ad erosione idrica superficiale che provoca un progressivo assottigliamento del suolo. A seconda dell'intensità e della diffusione areale caratterizzano "aree soggette ad erosione profonda e concentrata" e "aree soggette ad erosione superficiale diffusa".

Forme morfologiche di origine gravitativa

Movimenti franosi

Sono stati suddivisi nelle seguenti parti: nicchia di distacco, corpo della frana e zona d'accumulo. La nicchia di distacco, di facile individuazione in carta perché caratterizzata quasi sempre da una forma arcuata, separa a monte del fenomeno la massa in frana da quella stabile con esposizione del substrato; il corpo della frana è costituito dall'insieme dei terreni mobilizzati sottostanti la zona di distacco fino alla zona d'accumulo; la zona d'accumulo presenta struttura caotica e forma variabile a seconda della tipologia del processo e delle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

Per quanto concerne la dinamica sono stati individuati:

- *Deposito di frane attive (a1a)*
- *Deposito di frane quiescenti (a1q)* che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano propensione alla eventuale ripresa della attività come contropendenze e rotture di pendio
- *Deposito di frane senza indizi di evoluzione (a2)* tali da poter essere considerate al momento non attive. L'equilibrio così raggiunto può essere turbato, specie in funzione dei terreni presenti, da interventi antropici di modifica dei profili o da cause naturali.

Aree soggette a soliflussi generalizzati (Sg)

Sono stati individuati su tratti di versante con evidenti indizi di instabilità (dossi, contropendenze, lacerazioni, ecc.) talvolta singolarmente cartografabili, ma in altri casi interessanti anche vaste porzioni di versante. Talora sono innescati o favoriti da attività antropica.

Forme artificiali (antropiche)

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: terrazzamenti agrari, dighe, rilevati, cave non attive, laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state modificate dall'uomo.

CARTA LITOLOGICO-TECNICA

Questa carta tematica è stata realizzata accorpando i vari litotipi presenti in unità litotecniche che, indipendentemente dalla loro posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici, presentano caratteristiche tecniche comuni.

Terreni di copertura

- *depositi di origine antropica costituiti da elementi eterogenei ed eterometrici*
- *depositi alluvionali anche terrazzati (Olocene)*
- *depositi a granulometria fine o molto fine (Pliocene – Pleistocene)*
- *sabbie, limi e ghiaie (Pliocene - Pleistocene)*

Litotipi lapidei

- *arenarie turbiditiche quarzoso-feldspatiche e calcaree in alternanza con scisti silteosi e marne*

Sono stati inoltre cartografati:

- *depositi di frana, di versante e coperture detritiche, eluvio colluviali e di conoide.*

CARTA IDROGEOLOGICA

Lo studio idrogeologico del territorio è stato condotto mediante un censimento dei pozzi esistenti con il fine di reperire i dati relativi ai livelli piezometrici. I pozzi su cui è stato possibile effettuare le misurazioni, e quindi successivamente la relativa schedatura, sono distribuiti in maniera omogenea sulle aree di fondovalle del territorio comunale. Non sono stati considerati i pozzi situati sulle pendici collinari in relazione all'interferenza che la falda presente nel substrato roccioso può avere nei confronti di quella presente nella coltre alluvionale. E' comunque fondamentale precisare che i livelli piezometrici rilevati possono essere influenzati dalle condizioni metereologiche stagionali.

I pozzi superficiali che interessano al massimo i primi metri dei depositi alluvionali sono generalmente poco produttivi. Per ottenere una produttività migliore occorre agire molto più in profondità. In questo modo si sfruttano spesso anche le falde presenti nei sistemi di fratture del substrato (permeabilità secondaria).

La porzione del territorio dove affiora la formazione del "Macigno" è sostanzialmente impermeabile anche per la presenza tra gli strati arenacei di interstrati pelitici, di spessore variabile, che di fatto limitano molto la permeabilità. La permeabilità tipica degli acquiferi in tale mezzo è pertanto secondaria (fratturazione). Le acque circolano nel sottosuolo attraverso sistemi di fratture e percolazioni lungo-strato ed impregnano la roccia saturandola, fino alla profondità massima alla quale sono presenti fratture; le produzioni di tali acquiferi sono in generale basse e dipendenti dal grado di fratturazione locale del litotipo. L'area montuosa e collinare risulta di importanza primaria in quanto essa rappresenta l'area di ricarica degli acquiferi di fondovalle.

I dati relativi alle freatiche dei pozzi hanno permesso la ricostruzione dell'andamento delle linee isofreatiche. La falda presente nella pianura alluvionale di Civitella in Val di Chiana trae la sua alimentazione dalla fascia pedecollinare.

CARTA DELLE INDAGINI IN AMBITO MOPS

La carta delle indagini riporta l'ubicazione delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione.

I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia utilizzando la legenda prevista dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" introdotti dal Dipartimento di Protezione Civile.

Per la redazione della carta il riferimento tecnico e metodologico è rappresentato, oltre che dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", dalla nota pubblicata sul supplemento alla rivista Ingegneria Sismica n.2-2011.

La carta riporta tutte le informazioni di base (pozzi, MASW, sondaggi geognostici, HVSR, down-hole) necessarie alla definizione delle microzone omogenee in prospezione sismica. Riunisce inoltre tutte le informazioni riferibili alle indagini pregresse e ai rilievi di campagna.

Dopo un'accurata cernita, sono state escluse, ai fini dell'analisi:

- prove penetrometriche statiche o dinamiche in quanto la profondità indagata è sempre risultata estremamente limitata;
- stratigrafie di pozzi di dubbia attendibilità.

CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta geologico tecnica è stata redatta per le UTOE facendo riferimento a tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche e geotecniche) utili alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Sono stati distinti terreni di copertura, substrato geologico rigido e non rigido e forme di superficie. Sono stati inoltre indicati i pozzi che hanno raggiunto o non il substrato lapideo. Per i primi è stata indicata anche la profondità a cui è stato incontrato il substrato.

Terreni di copertura

E' stata creata una suddivisione dei litotipi in classi predefinite e tali da poter identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Sono stati inoltre indicati gli ambienti genetico-deposizionali.

In riferimento ai terreni di copertura (considerati solo se di spessore superiore a 3m) sono stati individuati:

- **SM** sabbie limose, miscela di sabbia e limo
- **ML** limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini, limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- **CL** argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

In riferimento agli ambienti genetico-deposizionali sono stati individuati:

- **in** bacino (piana) intramontano
- **lc** lacustre (*ambiente fluvio-lacustre*)
- **ec** eluvi/colluvi (*ambiente di versante*)

Analizzando in dettaglio le aree di indagine si riporta quanto segue relativamente ai terreni di copertura:

- Ciggiano e Oliveto – Albergo

Nella parte meridionale dell'area di indagine per la zona di Ciggiano e nella porzione sud-est per la zona di Oliveto – Albergo, sono presenti livelli di limi argillosi e sabbiosi talora con lenti ghiaioso sabbiose di origine fluvio-lacustre in bacino intramontano (MLin) con caratteristiche tecniche variabili da scadenti a discrete.

In entrambe le aree di indagine, sono inoltre presenti materiali di alterazione del substrato di origine eluvio-colluviale (SMec) con caratteristiche tecniche da discrete a buone.

- Spoiano

Sono presenti materiali di origine fluvio-lacustre costituiti da livelli di limi argillosi e argilloso sabbiosi, argille limose e limoso sabbiose alternati a livelli di sabbie, ghiaie, sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose (CLlc). Le caratteristiche meccaniche variano da discrete a buone.

- Badia al Pino – Pieve al Toppo – Tegoletto

Nella gran parte dell'area di indagine si individuano materiali di origine fluvio-lacustre costituiti da livelli di limi argillosi e sabbiosi con possibili intercalazioni e livelli di sabbie, ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose ed argillose (CLlc). Le caratteristiche meccaniche variano da mediocri a discrete.

Nelle vicinanze dell'abitato di “Le Poggiole” sono presenti livelli di limi argillosi e sabbiosi, argille limose e sabbiose anch'essi di origine fluvio-lacustre (MLlc). Le caratteristiche tecniche di detti materiali variano da scadenti a discrete.

- Civitella

Non sono presenti terreni di copertura.

- Viciomaggio – Tuori

Nella fascia mediana nord-sud dell'area di studio, si individuano materiali di origine fluvio-lacustre in bacino intramontano costituiti da limi argillosi e sabbiosi, argille limose e sabbiose, alternati a livelli di sabbie, ghiaie, sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose (CLin). Le caratteristiche meccaniche variano da discrete a buone.

Nella parte più pianeggiante (ad est dell'autostrada A1) sono presenti limi argilloso sabbiosi con presenza di clasti, di genesi fluvio-lacustre (MLlc) e caratteristiche tecniche in generale scadenti.

- Pieve a Maiano

Sono presenti materiali di origine fluvio-lacustre in bacino intramontano rappresentati da limi argilloso sabbiosi con presenza di clasti (MLin). Le caratteristiche meccaniche variano da scadenti a discrete

Substrato geologico rigido o non rigido

Sono stati evidenziati tra le varie UTOE i seguenti tipi:

- **AL** alternanza di litotipi, non rigido
- **LPS** lapideo, stratificato
- **NR** substrato geologico non rigido.
- **NRS** substrato geologico non rigido, stratificato.

CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Per la definizione delle frequenze fondamentali dei depositi e la redazione della relativa carta, sono state realizzate 36 misure HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) distribuite in modo opportuno tra le varie UTOE:

- n. 3 Civitella (Capoluogo)
- n. 4 Oliveto - Albergo
- n. 6 Ciggiano
- n. 2 Spoiano
- n. 10 Tegoleto - Pieve al Toppo - Badia al Pino
- n. 9 Viciomaggio - Tuori
- n. 2 Pieve a Maiano

In linea generale le misure passive del rumore sismico ambientale consentono l'individuazione di possibili fenomeni di risonanza sismica e la misura delle corrispondenti frequenze di vibrazione dei terreni. Queste misure forniscono inoltre indicazioni sul rapporto fra la velocità media delle onde S nella copertura e la profondità del basamento sismico al di sotto del punto in cui viene eseguita la registrazione del microtremore.

La tecnica è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. Le frequenze di risonanza corrispondono ai massimi della funzione che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione H/V). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. La struttura del campo di onde presente nel terreno (rumore sismico ambientale, microtremore, rumore sismico o "seismic noise") è condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti che lo determinano (siano esse naturali come ad esempio le onde marine, o antropiche come ad esempio il traffico veicolare) e dalle proprietà meccaniche dei terreni. Infatti ciascuna sorgente genera un treno di onde che raggiunge il punto di misura con caratteristiche che dipendono dall'entità delle sollecitazioni nelle componenti orizzontali e verticali del moto e dalle modalità di

propagazione fra la sorgente e il sito (in funzione dei fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione che hanno luogo in corrispondenza di variazioni delle proprietà meccaniche dei terreni nel sottosuolo). In genere, nel campo di rumore ambientale, sono presenti sia onde di volume (P ed S in quantità variabili) che onde superficiali (Love e Rayleigh). La frazione di energia associata alla componente di onde di volume rispetto a quella associata alle onde superficiali varia da caso a caso e dipende fortemente dall'intervallo di frequenze considerato. Perciò se si prende in considerazione un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine almeno della decina di minuti), le proprietà medie di un campo di onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti di diversa natura, distribuite casualmente attorno ad un punto di misura, tendono ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti che hanno generato il campo, ma solo dalle proprietà del mezzo in cui le onde si propagano e dal livello energetico medio dell'attività antropica o naturale. In particolare, si può immaginare che, in media, le componenti orizzontali e verticali del moto del suolo tendano ad essere sollecitate in modo equivalente, con un'ampiezza media pari al livello medio del rumore in quell'intervallo temporale. In questa ipotesi, i rapporti fra le ampiezze verticali e orizzontali del moto (H/V) saranno statisticamente indipendenti dalle caratteristiche delle sorgenti (dato che le ampiezze delle sollecitazioni sul piano orizzontale e verticale sono mediamente le stesse) e saranno condizionate dai soli effetti di propagazione ovvero dalle caratteristiche del mezzo interessato dal moto sismico. Queste ultime influenzeranno l'ampiezza relativa delle diverse fasi sismiche (onde P, S, Rayleigh e Love) e le direzioni di emergenza delle onde al punto di misura.

Per esempio, se il rumore misurato fosse costituito da onde di volume stazionarie emergenti secondo una direzione perpendicolare alla superficie, il rapporto H/V avrebbe dei massimi in corrispondenza delle frequenze di risonanza delle onde S nella copertura, ovvero quando l'ampiezza delle onde S è relativamente maggiore. Se invece il campo d'onda è dominato dalle onde superficiali, sarà l'ellitticità delle onde di Rayleigh (ovvero il rapporto fra le componenti orizzontali del moto ellittico associato questo tipo di onde) e l'ampiezza delle onde di Love (che invece agiscono solo sul piano orizzontale) a condizionare l'andamento della funzione H/V. In questo caso argomentazioni teoriche permettono di stabilire che, in presenza di coperture soffici su un basamento rigido, la componente verticale delle onde di Rayleigh si annulla per frequenze corrispondenti alla

SERGIO TAMARINDI
Geologo

frequenza di risonanza delle onde S per la struttura. Questo implica che, anche in questo caso, la funzione H/V sarà caratterizzata da valori massimi in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde S. Al contrario, ci si può aspettare che, in assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sia unitario nel caso di rumore ambientale dominato dalle onde di volume oppure dominato da quelle di superficie.

Per i dettagli e l'elaborazione dei dati acquisiti, si rimanda alla specifica relazione tecnica redatta in collaborazione con il Geologo Daniele Lisi (GeoLisi) e allegata alla *Relazione Illustrativa* dello Studio di Microzonazione Sismica di livello 1.

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPEZIONE SISMICA (M.O.P.S.)

Il rischio sismico nella accezione corrente rappresenta il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma.

La valutazione del rischio sismico, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la *macrozonazione sismica*, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità. All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute alle diverse situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la *microzonazione sismica*. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanza di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.).

Elementi per la valutazione degli effetti locali

Gli elementi prioritari da evidenziare per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, sono quelli utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato.

A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, risulta indispensabile acquisire tutti gli elementi, laddove siano disponibili, per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica

del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente), secondo le modalità e i criteri meglio specificati nelle Istruzioni Tecniche del Programma Valutazione degli Effetti Locali (VEL) a cui si rimanda. Va però precisato che l'area in oggetto non risulta essere stata interessata dal programma VEL, pertanto non sono disponibili conoscenze definite nell'ambito di tale progetto.

Mediante l'acquisizione degli elementi geologici e geomorfologici di cui all'allegato A del D.P.G.R. n°53/R si è proceduto all'individuazione delle Microzone omogenee in prospezione sismica (M.O.P.S.), con le modalità indicate nelle direttive del citato regolamento.

Microzonazione di Livello 1

Lo studio di livello 1, relativo alle aree urbane del territorio comunale, segue le indicazioni contenute negli "*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*" finalizzate all'analisi di pericolosità sismica, necessaria per la valutazione del rischio sismico ed applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

Per Microzonazione Sismica si intende la "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo". In sostanza lo studio individua e caratterizza le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

La Microzonazione ha dunque la finalità di riconoscere, ad una scala sufficientemente grande, le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Nel caso specifico di uno studio di Microzonazione di livello 1 il documento di sintesi finale è rappresentato da una carta del territorio nella quale vengono indicate:

- le zone in cui il moto sismico non subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante, per cui gli scuotimenti attesi possono essere equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base;

- le zone in cui il moto sismico subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le zone in cui sono presenti o sono suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Lo studio di Microzonazione Sismica fornisce quindi una base conoscitiva della pericolosità sismica locale delle diverse zone di un determinato territorio e consente di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico, a varie scale. Il livello 1 è un livello propedeutico in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte.

Per effettuare lo studio è indispensabile la raccolta e l'archiviazione organizzata di dati geognostici pregressi e, ove necessario, di dati provenienti da nuove e specifiche indagini. I dati devono essere tali da permettere la ricostruzione del quadro litostratigrafico dell'area, con particolare attenzione alla definizione della litostratigrafia, delle tipologie e degli spessori delle coperture e la profondità del substrato o delle aree dove esso affiora. Nel caso in oggetto i dati pregressi sono stati disponibili in numero piuttosto consistente ed coperto le aree urbane. Tali dati sono stati inoltre integrati delle informazioni ottenute attraverso le 36 nuove indagini di tipo HVSR descritte al capitolo precedente (relativo alla carta delle frequenze fondamentali dei depositi).

Elaborato di sintesi (M.O.P.S.)

L'elaborato di sintesi è costituito dalla *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*, redatta per ciascuna delle aree urbane del territorio comunale (UTOE).

La carta individua le microzone nelle quali, sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici e sismici disponibili, si può prevedere l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, ecc.).

Le microzone sono classificate in tre categorie:

SERGIO TAMARINDI
Geologo

- *zone stabili*: in cui non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento sismico. Sono le aree dove è affiorante il substrato geologico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendenza media minore di 15°) e con “copertura” inferiore a 3 metri.
- *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*: sono attese modifiche del moto sismico di input legate alla situazione litostratigrafica e/o morfologica locale. Sostanzialmente si tratta delle zone con presenza di terreni di copertura (di varia natura e origine), coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o caratterizzato da velocità delle onde di taglio inferiore ad 800m/s. Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3m. Rientrano in queste zone anche le aree in cui la pendenza media è superiore a 15°.
- *zone suscettibili di instabilità*: nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). I principali tipi di instabilità sono individuati dalla presenza di movimenti gravitativi di versante.

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

La carta della pericolosità geologica rappresenta la sintesi degli elaborati a tematica geologica, geomorfologica, clivometrica, litologico-tecnica e geologico-tecnica, redatti ed illustrati nei precedenti capitoli per descrivere le caratteristiche del territorio investigato. Il suo scopo fondamentale è di indicare:

- l'ubicazione e l'intensità dei fenomeni geomorfologici che interessano determinate porzioni di territorio;
- il livello di indagine di approfondimento da attuare nel caso di interventi in aree da essi interessate.

Andando ad una descrizione sistematica delle singole classi di pericolosità geologica e dei criteri di attribuzione alle stesse elenchiamo in ordine decrescente:

Pericolosità molto elevata (G4)

Sono normalmente da inserire in classe G.4 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane attive comprensive del corpo di frana, della corona di distacco e delle relative aree di possibile evoluzione del dissesto
- aree instabili per soliflusso generalizzato

In queste zone dovranno privilegiarsi interventi tesi alla bonifica e al recupero ambientale dei luoghi stessi. In ogni caso qualsiasi progetto di opera che incida su tali terreni dovrà essere preceduto, già a livello di strumento pianificatorio, da una dettagliata campagna geognostica e di monitoraggio strumentale valutando l'area nel suo complesso per poi definire gli interventi di consolidamento e bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali che dovranno essere realizzati. A loro volta detti interventi dovranno essere accompagnati da un programma di controlli e monitoraggio necessari a verificare l'esito favorevole della loro applicazione quando realizzati.

Pericolosità elevata (G3)

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza. Sono normalmente da inserire in classe G3 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane quiescenti comprensive del corpo di frana e della corona di distacco e delle relative aree di possibile potenziale evoluzione del dissesto
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica indicativamente con pendenze superiori al 15%;
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbiosa indicativamente con pendenze superiori al 25%;
- aree interessate da rilevanti manomissioni antropiche, quali rilevati con evidenti manifestazioni di dissesto e/o non uniforme compattazione, riempimenti, scavi e cave, discariche e rilevati arginali

In sintesi, si collocano in tale classe tutte quelle aree per cui esistono indizi di passati o potenziali dissesti ed in cui si rende necessario un approfondimento degli studi. In funzione della tipologia dell'intervento, esso dovrà essere supportato, in fase di progettazione esecutiva, da indagini che dovranno essere condotte a livello di "area nel suo complesso". Sono inoltre da prevedersi interventi di presidio e miglioramento dei terreni (a livello di esecuzione degli sbancamenti di progetto) o della rete idraulica e di drenaggio sia superficiale che profondo e/o l'adozione di tecniche fondazionali e di opere speciali di consolidamento.

Pericolosità media (G2)

Sono normalmente da inserire in classe G2 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- aree con erosione superficiale

- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica indicativamente con pendenze inferiori al 15%;
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 25%

Nella classe G2 sono comprese le aree apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che potranno tuttavia essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia. Tali zone sono in genere quelle collinari meno acclivi, dove non si osservano evidenze di instabilità. Si collocano inoltre in questa classe le aree con roccia affiorante o a litologia compatta, a scarsa pendenza in relazione al contesto litostratigrafico, o con irrilevante copertura detritica e alteritica.

Pericolosità bassa (G1)

Aree pianeggianti e sub-pianeggianti in cui i processi geomorfologici le caratteristiche litologiche e/o giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa. In via indicativa si possono considerare come sub-pianeggianti in relazione alle caratteristiche litologico-tecniche quanto segue:

- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica indicativamente con pendenze inferiori al 5%
- terreni sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 10%

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche, secondo quanto specificato all'allegato A del D.P.G.R. n°53/R, sono state evidenziate, sulla base del quadro conoscitivo desunto, le aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.

Tale valutazione è stata rappresentata nel supporto al presente Piano Strutturale, in approfondimento rispetto agli elaborati costituenti il supporto geologico-tecnico al vigente P.S., attraverso la realizzazione della cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) che ha individuato qualitativamente gli elementi in grado di generare i fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

E' opportuno precisare, inoltre, che tutti gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Decreto Ministeriale 14-9-2005).

La sintesi delle informazioni derivanti dalle cartografie geologiche, geomorfologiche e dalla carta M.O.P.S. consente di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità. Andando ad una descrizione sistematica delle singole classi di pericolosità sismica e dei criteri di attribuzione alle stesse, elenchiamo in ordine decrescente:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità di versante attivi che potrebbero subire una accentuazione dovuta agli effetti dinamici che si possono verificare in occasione di eventi sismici. Terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per comuni classificati in zona sismica 2).

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità di versante quiescenti che potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici che possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana per le quali non si escludono fenomeni di instabilità

indotta dalla sollecitazione sismica; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante; zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; presenza di faglie attive e faglie capaci e/o contatti tettonici. Aree suscettibili di amplificazioni locali con alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri. Terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni non classificati in zona sismica 2).

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone con fenomeni franosi inattivi che potrebbero subire comunque una riattivazione in caso di sisma; aree in cui è possibile amplificazione dovuta ad effetti topografici; zone stabili con possibile amplificazione locale (che non rientrano tra quelli previsti in S3).

Pericolosità sismica locale bassa (S.1): aree caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Geol. Sergio Tamarindi