

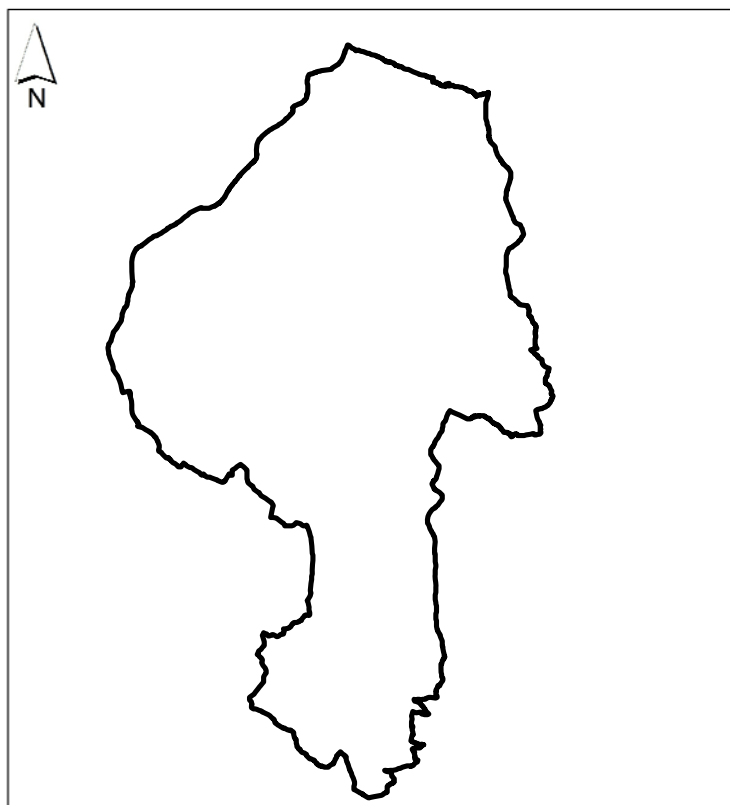


REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI BOLOGNA

COMUNE DI CASTEL DI CASIO

# V A R I A N T E

# P S C PIANO STRUTTURALE C O M U N A L E



Il Sindaco  
Mauro Brunetti

Il Responsabile del Procedimento  
geom. Stefano Vitali

l'Ass. alla Pian. e Progr. Territoriale  
Marco Aldrovandi

Il Segr. Gen.le: dott.  
dott. Giorgio Cigna

Responsabile del Piano:  
arch. Giulia Brunini

Gruppo di Lavoro:  
geom. Pierantonio Gozzoli  
arch. Valentina Martoni

Studio geologico:  
dott. Luca Monti

Studio archeologico:  
Wunderkammer s.n.c.  
dott. Fabrizio Finotelli,  
dott.ssa Paola Poli



**LUCA MONTI**  
GEOLOGIA E TECNICA AMBIENTALE  
via masaccio, 3 - 40133 bologna  
piazza giovanni XXIII, 12/B  
40133 bologna  
tel. 051-9912225 - fax: 051-4122990  
e-mail: luca.monti@datebase.it

## STUDIO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E SISMICO

Adottata con D.C.C. n°19 del 02/04/2014

Approvata con D.C.C. n° 37 del 07/07/2015

ALLEGATO

# 6

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>2</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>3</b>
<b>4. GEOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE.....</b>	<b>3</b>
<b>5. MORFOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
5.1 <i>Assetto morfologico del territorio Comunale.....</i>	<i>9</i>
5.2 <i>Piano Stralcio Assetto Idrogeologico.....</i>	<i>10</i>
<b>6. IDROGRAFIA.....</b>	<b>11</b>
6.1 <i>Esondabilità.....</i>	<i>11</i>
<b>7. SISMICITÀ .....</b>	<b>12</b>
7.2 <i>Analisi della risposta sismica locale e micro zonazione sismica del territorio .....</i>	<i>15</i>
- <i>Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata - .....</i>	<i>15</i>
7.3 <i>Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento .....</i>	<i>17</i>
<b>8. PROPOSTE NORMATIVE PER GLI ASPETTI SISMICI.....</b>	<b>18</b>

## 1. PREMESSA

Il presente studio, intende definire gli aspetti geologici, morfologici e sismici del territorio del Comune di Castel di Casio, a corredo del documento preliminare della Variante al Piano Strutturale Comunale. In tal senso è stata condotta una verifica di superficie necessaria ad inquadrare lo stato generale dei luoghi, individuando in particolare le condizioni geomorfologiche, cui è seguita, con l'intento di creare un quadro conoscitivo esauriente, la consultazione della seguente cartografia:

- Cartografia geologica e dei suoli on-line, Servizio Geologico e Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna;
- Piano Stralcio Assetto Idrogeologico a cura dell'Autorità di Bacino del Reno.
- Variante al P.T.C.P. della Provincia di Bologna ai sensi della L.R. 20/2000 e s.m.i.- Stesura contro dedotta.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comune di Castel di Casio si inserisce nell'alto Appennino bolognese, confinando con la Regione Toscana a sud (Sambuca Pistoiese - PT) e con i seguenti comuni emiliani:

- Grizzana Morandi a Nord;
- Camugnano a Est;
- Granaglione a Sud Ovest;
- Porretta Terme a Ovest;
- Gaggio Montano a Nord Ovest.

Il territorio comunale si sviluppa per una superficie di 47,45 Km<sup>2</sup>, ed è compreso fra le valli del Fiume Reno a Ovest, il Torrente Limentra di Treppio a Est, il Bacino di Suviana a SE ed il Torrente Limentra di Sambuca a SO.

Le sue quote sul livello del mare sono comprese tra i circa 281 m, lungo il confine settentrionale in corrispondenza del Fiume Reno e del Torrente Limentra di Treppio, e circa 1138 m lungo il confine con la Regione Toscana in corrispondenza della cima del Monte La Tose (1138,3 m).

Dal punto di vista cartografico il territorio comunale ricade nelle tavole della Carta Topografica Regionale, alla scala 1:25.000:

- 237-SO "Vergato";
- 251-NE "Porretta Terme";
- 252-NO "Castiglione dei Pepoli";

e nelle sezioni della Carta Tecnica Regionale, alla scala 1:10.000:

- 237130 "Riola";
- 251040 "Porretta Terme".
- 251080 "Granaglione";
- 252010 "Castel di Casio";
- 252050 "Suviana";
- 252090 "Treppio";



Fig. 1: Mappa Provincia di Bologna - dal sito internet [www.provincia.bologna.it](http://www.provincia.bologna.it)

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio del Comune di Castel di Casio appartiene geologicamente alla Catena Appenninica Settentrionale che è delimitata a N dalla Linea Sestri – Voltaggio e a S dalla Linea Ancona – Anzio: due grandi allineamenti tettonici trasversali con forte componente trascorrente. L'Appennino è caratterizzato dalla sovrapposizione di enormi masse rocciose di notevole estensione areale (*Falde o Unità tettoniche*) con vergenza dominante verso NE, costituite da successioni sedimentarie depostesi in domini paleogeografici diversi. Questi domini si sono formati durante le fasi di apertura dell'Oceano ligure – piemontese. Nel Giurassico inferiore – medio, l'inizio dell'apertura dell'Atlantico centrale ha causato una deriva verso E della placca africana rispetto a quella europea e fra le due si è generata una fascia a trascorrenza sinistra che ha individuato bacini estensionali a crosta oceanica, fra cui quello ligure – piemontese. Mentre nelle zone più esterne si formavano i depositi del *Dominio toscano* su crosta continentale in assottigliamento con facies che si approfondivano progressivamente, nelle zone più esterne, ad W, si creava un dominio oceanico con sedimenti pelagici che si depositavano su crosta oceanica (*Dominio ligure*) e su crosta continentale fortemente assottigliata (*Dominio sub – ligure, Complesso di Canetolo*). Dal Cretaceo superiore, in concomitanza con l'apertura dell'Atlantico settentrionale, la placca africana ha mutato traiettoria da ESE a NNE, cioè ha iniziato a convergere verso la placca europea. Questo regime compressivo ha provocato la chiusura dell'Oceano ligure – piemontese che è avvenuta completamente nell'Eocene medio – superiore con la collisione tra il margine continentale europeo (sardo – corso) e quello africano (adriatico).

In questa complessa storia tettonogenica si possono distinguere una fase oceanica ed una intracontinentale; la fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano ligure-piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità liguri). Nell'Eocene medio-superiore segue, come evidenziato in precedenza, la collisione tra il margine continentale europeo (sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica, sviluppatasi 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 Ovest delle Unità toscane, prima, e di quelle umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate.

Nell'Appennino tosco-emiliano quanto descritto ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità liguri dal loro substrato oceanico e al loro impilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne ed in basso le più esterne. *L'Unità del Sambro (Cretaceo-Eocene inferiore), che costituisce il bed-rock della quasi totalità del territorio comunale, sovrasta le restanti unità liguri, che a loro volta sono impilate sull'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene). Successivamente, dopo la messa in posto della Falda toscana (Dominio toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità liguri si sono rimosse, per mettersi in posto prima sopra la Falda toscana, e poi sopra l'Unità Cervarola-Falterona già sovrascorsa verso Est (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea (Dominio Umbro-romagnolo).*

### 4. GEOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE

Dal punto di vista geologico il territorio del comune di Castel di Casio è suddivisibile in due macro settori: quello settentrionale (Tav.1.4) e quello meridionale (Tav.1.5). Il primo è caratterizzato in gran parte da litotipi ascrivibili alle **Unità Liguri**, mentre nel secondo si individuano per lo più i termini ascrivibili alle **Unità Toscane**. Tra i due settori, e in posizione centrale, è presente un'area dove si rinvengono litotipi appartenenti alla **Successione Epiligure**. Si tratta di formazioni geologiche che si sono depositate su bacini minori impostati sui terreni Liguri intensamente tettonizzati a partire dall'Eocene medio e caratterizzate da sequenze deposizionali ricche di detriti silicoclastici, qui rappresentate dalle Formazioni delle Marne di Antognola (ANT), dalla Formazione di Loiano (LOI) ed infine, dalla Formazione delle Breccie Argillose di Baiso (BAI).

Le **Unità liguri** sono invece rappresentate dalle seguenti formazioni: Formazione delle Argille a Palombini (APA) che ricopre gran parte del territorio centro settentrionale del comune, la Formazione di

Monghidoro (MOH), Monte Venere (MOV) e Romanoro (ROA), localizzate al centro del territorio comunale, e la Formazione delle Argille Variegate di Grizzana Morandi (AVT) che affiora principalmente in una fascia posta al confine settentrionale del comune. Infine le **Unità toscane** sono rappresentate dalle Argille Variegate con Calcari (AVC) che ricopre gran parte del territorio centro meridionale del comune, dalle Formazioni di Castiglione dei Pepoli (CDP), Stagno (STA), Torrente Carigiola (TCG) che sono localizzate nella porzione più meridionale del territorio comunale, dalle formazioni delle Arenarie di Suviana (SUV), Marne di Baigno (BGN), Marne di Mamoreto (MMA), Marne di Civago (CIV), Argille di Fiumalbo (FIU), Abetina Reale (ABT), Serra Volpara (SVP), che compaiono localmente lungo la fascia centro meridionale del comune ed infine dalla Formazione delle Breccie Argillose Poligeniche che compare con due lembi all'altezza del Lago di Suviana. Di seguito saranno descritte in dettaglio le caratteristiche delle singole formazioni geologiche.

### ➤ **Successione Epiligure**

#### ▪ ANT - Marne di Antognola (Rupeliano terminale - Burdigaliano?)

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere; fratturazione concoide o con tipiche superfici concentriche; frequenti i microfossili e talora i bioclasti. Stratificazione da molto sottile a media, talora difficilmente percepibile, sia per scarsa cassazione granulometrica che per bioturbazione. Sono presenti rari livelli torbiditici di arenarie vulcanoclastiche, arcose e quarzoso-feldspatiche, da sottili a medi, e strati sottili e sottilissimi, discontinui, di cineriti biancastre, tipicamente alterate in giallo o giallo ocra. Localmente si osservano anche orizzonti caotici (sl) e livelli di breccie con clasti extraformazionali. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea (ANTa), potente fino a qualche decina di metri, caratterizzata dalla presenza di torbiditi sottili con base arenitica centimetrica. Il limite inferiore è netto, discordante, su MMP, sfumato su RAN; in eteropia con MVT. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna, scarpata e base scarpata con apporti torbiditici. La potenza totale della formazione raggiunge alcune centinaia di metri.

#### ▪ LOI - Formazione di Loiano (Luteziano - Priaboniano)

Arenarie arcose, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati, di colore biancastro o grigio chiaro (marrone chiaro se alterate); sono presenti intercalazioni, spesso discontinue, di torbiditi sottili arenaceo-pelitici grigi o verdastre (A/P sempre >1). Frequenti anche i "cogoli". Nella porzione basale sono presenti slump intraformazionali di spessore ed estensione assai limitata ed argille rosso-mattone e grigio-verdastre, localmente mamose, interdigidate con breccie argillose a matrice nerastra, inglobanti blocchi calcilutitici di dimensioni massime decimetriche. Localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (LOlap) caratterizzata da strati medi arenaceo-pelitici con A/P <sup>3</sup> 1. Sedimentazione torbiditica in bacino confinato profondo. Interdigitazione a scala regionale con MMP. Il limite inferiore è discordante su MOH, MOV, BAI o risulta tettonizzato. La potenza affiorante raggiunge 700 m.

#### ▪ BAI - Formazione delle Breccie Argillose di Baiso. (Luteziano sup. - Bartoniano)

Breccie sedimentarie poligeniche a prevalente matrice argillosa con clasti eterometrici ed eterogenei costituiti da litotipi appartenenti a varie unità liguri. A seconda della litologia prevalente la formazione è stata interamente suddivisa in alcuni membri che affiorano in areali distinti e senza legami di carattere stratigrafico reciproci. Potenza massima di circa 200 m. Nel territorio in esame si rinviene solo il successivo membro.

#### ▪ BAI3 - Membro di Poggio Cavaliera (Luteziano sup. - Bartoniano)

Breccie poligeniche a prevalente matrice argillosa grigia, localmente arenacea, con clasti eterometrici di areniti calcaree fini, arenarie fini, marne e argilliti nerastre. Sono presenti a luoghi inclusi metrici e decametrici di MMP, LOI1 e LOI. Materiale proveniente esclusivamente da MOH e MOV. Contatto inferiore discordante su MOH e MOV. Potenza massima di oltre 250 m.

### ➤ **Unità Liguri**

▪ MOH - Formazione di Monghidoro (Maastrichtiano sup. - Paleocene)

Torbiditi arenaceo-pelitici in strati generalmente spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P ~ 2/1. Si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P = 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali ferri; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti torbiditi a base arenacea e tetto calcareo-marnoso con abbondanti tracce di fucoidi, talora cartografate (am). Localmente distinte: la litofacies arenacea (MOHa), caratterizzata da strati da sottili a spessi con rapporto A/P >>1, potente fino a 300 m; la litofacies pelitico-arenacea (MOHb), caratterizzata da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto A/P <1; la litofacies calcareo-marnosa (MOHca), caratterizzata da banchi plurimetrici di marne calcaree intervallate a spessori decametrici di strati arenaceo-pelitici (A/P variabile da 1/1 a 1/2). Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV, dove non tettonizzato. La potenza geometrica massima è di qualche centinaio di metri.

▪ MOV - Formazione di Monte Venere (Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi fino a banchi di oltre 15 m, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Le areniti hanno composizione arcocica e possono avere cementazione scarsa, specie quelle a grana più grossolana. Localmente, verso il basso, le torbiditi gradate calcareo-marnose con base calcilutitica o arenitica a composizione ibrida più spesse sono state cartografate (cm). Paleocorrenti con provenienza dai quadranti meridionali. Torbiditi di ambiente marino profondo. Contatto inferiore non preservato. Potenza di oltre 900 m.

▪ AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi (Cenomaniano - Santoniano sup.)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Nell'area del Foglio 252 presenti inclusi da metrici a decametrici di ofioliti (of) talora cartografabili. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Contatto inferiore non preservato. Potenza fino a 200 m circa.

▪ AVTa - Argille Variegata di Grizzana Morandi - Litozona Argillitica (Cenomaniano - Santoniano sup.)

Argilliti fissili grigio-bluastre, verdi e rossastre, con subordinate arenarie risedimentate grigie, fini e finissime e con siltiti nerastre fratturate. Silicizzazione intensa e diffusa. Deformazione molto intensa con pieghe isoclinali, boudinage e trasposizioni degli strati competenti; assetto complessivo caotico. Localmente sono presenti lembi con scarsa foliazione, parziale preservazione della stratificazione primaria e colore da rosso a grigio.

▪ ROA - Formazione di Romanoro (Coniaciano inf.)

Torbiditi marnose, siltitico-marnose e arenitico-marnose in strati di potenza variabile da pochi centimetri al metro. Gli intervalli arenitici hanno generalmente colore grigio o grigio scuro ed alterazione nocciola scuro, ocra o marrone, le marne sono prevalentemente grigie, grigio verdi o nocciola (grigio chiaro o nocciola quando alterate). Spessore massimo di circa 20m.

▪ APA - Argille a Palombini (Cretaceo inf. - Turoniano)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora manganesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate) e di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. La formazione in genere è intensamente deformata con

perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, fino a decametrici, spesso distinte in: brecce ofiolitiche (bo), basalti:  $\beta$ , basalti brecciati (Bb); gabbri: ga, serpentine: S. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

▪ APAA - Argille a palombini - litozona argillitica (Cretaceo inf. - Turoniano)

Argilliti grigie e a luoghi verdognole, con fissilità spesso molto evidente e in qualche caso silicizzate; sono alternate a calcilutiti grigie in strati medi e spessi con subordinati pacchi di strati sottili di alternanze arenaceo-pelitiche giallastre e nocciola. La litozona può essere caratterizzata da diagenesi spinta fino al limite dell'anchimetamorfismo.

➤ **Unità toscane**

▪ SUV - Arenarie di Suviana (Burdigaliano - Langhiano)

Alternanze arenaceo-pelitiche in strati gradati prevalentemente spessi e molto spessi. Le areniti alla base degli strati sono da medie a grossolane (localmente molto grossolane) con composizione feldspatolitica, tetto marnoso nel quale sporadicamente si trovano intercalati sottilissimi livelli conglomeratici a geometria lentiforme ( $A/P \gg 1$ ). Paleocorrenti dai quadranti occidentali. Depositi torbiditici di lobo e di frangia di lobo. Contatto inferiore discordante su CIV ed MMA, netto su BGN1, BGN. Potenza massima 150 m.

▪ CIV - Marne di Civago (Aquitano)

Marne o marne siltose grigie ad elevato contenuto di silice di colore variabile dal grigio verde al grigio scuro, localmente intervallati con liste di selce nera. Nella parte bassa della successione sono talvolta presenti brecce argillitico-calcaree a elementi liguri e sub-liguri, originate da debris flow (litofacies a brecce del Rio Rumale - CIVa). Depositi emipelagici di scarpata. Spessore massimo di circa 150m.

▪ BGN - Marne di Baigno (Aquitano - Burdigaliano)

Marne siltose, talora calcaree, molto indurite, omogenee, di colore grigio chiaro in superficie fresca e grigio-giallastro in superficie alterata. Stratificazione mal visibile o assente. Localmente presenti indizi di bioturbazione e concentrazione di granuli glauconitici. Depositi emipelagici di piattaforma esterna e scarpata. Contatto stratigrafico inferiore non preservato, presumibilmente discordante sulle "formazioni ad affinità ligure e subligure". Potenza massima 150 m.

▪ MMA - Marne di Marmoreto (Rupeliano - Chattiano)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione. Nella parte alta è stata cartografata la litofacies pelitico-arenacea (MMAc), presente localmente in prossimità del contatto con le Arenarie di Suviana, in cui ai sedimenti marnosi si intercalano torbiditi arenaceo-marnosi o siltitico-marnosi generalmente di spessore variabile dai 5 ai 20 cm. La parte basale della formazione è talvolta caratterizzata da intercalazioni di brecce (talora grossolanamente stratificate) con clasti argillitici e calcarei, di origine ligure e/o subligure, immersi in una matrice argillitica scura (litofacies a brecce del Rifugio Battisti - MMAa). Nell'area del Foglio 252 lembi di dimensione metrica possono essere inclusi come olistoliti in BAP e come piccole scaglie tettoniche in AVC. Deposito di scarpata. Contatto inferiore in discordanza su FIU o su AVC. Spessore massimo di circa 100m.

▪ FIU - Argille di Fiumalbo (Bartoniano - Oligocene inf.)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, talora con intercalazioni di sottili strati gradati di areniti finissime e fini, grigio-verdastre; nella parte

alta della formazione prevalenza di argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. In prossimità del contatto con le formazioni sottostanti sono presenti brecce argillitico-calcaree a elementi liguri originate da debris flow (litofacies a brecce di Riccovolto - FIUa). Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Limite inferiore per lo più tettonizzato, ma verosimilmente discordante sulle formazioni sottostanti. Potenza geometrica massima di alcune decine di metri.

▪ BAP - Brecce argillose poligeniche (Cretaceo inf. - Miocene inf.)

Brecce poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, nocciola in superficie alterata, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, di argilliti di dimensione millimetrica, siltiti nerastre, areniti e marni calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Nell'area del Foglio 252 sono presenti inclusi costituiti da grossi lembi di successioni stratigrafiche (metrici o decametrici) riferibili a MMA e AVC. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA. Potenza variabile da 0 a 200 m.

▪ ABT - Formazione dell'Abetina Reale (Campaniano - Paleocene inf.)

Torbiditi a base calcilutitica grigia, passanti a marni calcaree biancastre, in strati da medi a molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee grigio-bluastrre in strati da medi a spessi. Locali intercalazioni di brecce poligeniche con clasti ofiolitici. Localmente presenza di torbiditi silicoclastiche in strati da sottili a spessi con base a grana da arenitica medio-fine a siltitica e tetto marnoso ( $A/P > 1$ ), alle quali si intercalano livelli, da centimetrici a pluridecimetrici, di argilliti di colore bruno scuro e, più raramente, sottili strati marnosi (litofacies arenaceo-pelitica - ABTa). Deformazione tettonica intensa. Torbiditi di ambiente marino profondo. Contatti stratigrafici inferiore e superiore non preservati. Potenza di 200 m circa.

▪ SVP - Formazione di Serra Volpara (Cenomaniano)

Alternanza di marni siltose a stratificazione mal visibile o assente, calcari marnosi in strati spessi e molto spessi e subordinate areniti finissime in strati medi e spessi. Gli strati calcareo-marnosi e arenitici hanno base e tetto sfumati e sono privi di evidenti strutture sedimentarie interne. Talora sono presenti alternanze di marni e marni calcaree con argilliti nere molto foliate. Deformazione tettonica molto intensa che dà origine ad un diffuso boudinage dei livelli più competenti. Contatti stratigrafici inferiore e superiore non preservati. Potenza geometrica massima 70-80 metri.

▪ AVC - Argilliti variegata con calcari (Cretaceo inf. - Eocene)

Argilliti, talora marnose, bruno verdastre o grigio-verdi, talora in bande blu, nocciola in superficie alterata, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie (bianco-giallastre in superficie alterata), in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Rapporto  $A/C > 1$ . Strati calcareo-marnosi grigi, biancastri se alterati, da spessi a molto spessi, con base calcarenitica fine; brecce a matrice argillosa bruna a prevalenti clasti di calcari tipo palombini; argilliti grigio-piombo in livelli di spessore decimetrico alternate a calcari silicei grigiobluastri in strati sottili e medi. Localmente è stato distinto un intervallo, spesso 80-100 m, costituito prevalentemente da torbiditi, di spessore variabile dal 50 cm a 3-4 m, a base calcarenitica fine e tetto marnoso molto sviluppato (litofacies calcareo-marnosa - AVCd). Nella parte bassa della formazione sono state talora distinte lenti di brecce poligeniche con clasti prevalentemente ofiolitici e più subordinatamente calcarei e diasprini (litofacies a brecce ofiolitiche - AVCa). Localmente sono presenti inclusi ofiolitici (of) di brecce poligeniche ad elementi ofiolitici, brecce di oficalciti e gabbri (bo) e basalti brecciatati (Bb). Deformazione tettonica molto intensa che dà origine ad una foliazione ben marcata estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di boudins e cerniere sradicate; solo molto raramente la stratificazione originale è preservata. Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore non affiorante; interdigitazioni con BAP. Potenza fino a circa 800 m.

▪ CDP2 - Formazione di Castiglione dei Pepoli - membro arenaceo-pelitico (Langhiano)

Torbiditi arenaceo-pelitici in strati gradati da medi a molto spessi con geometria piano-parallela. Gli strati variano da arenaceo-pelitici a peliticoarenacei con base a grana da media a



fine. Il rapporto A/P complessivo varia da 1 a < 1. A diverse altezze, e più frequentemente nella parte bassa del membro, presenza di intervalli plurimetrici di torbiditi sottili siltitico-marnose. Al tetto, dove la formazione passa con un contatto tettonico ad AVC, e' presente un lembo non cartografabile di brecce argillose a clasti di calcari e argilliti cretacei. Passaggio graduale al membro sottostante e sovrastante. Potenza massima di 400m.

▪ STA2 - Formazione di Stagno - membro pelitico - arenaceo (Burdigaliano).

Alternanze pelitico-arenacee in strati gradati sottili e medi a base siltitica o arenitica fine e tetto pelitico-marnoso cui si intercalano megatorbiditi, spesse fino a 10 metri, a base arenitica medio-fine e tetto marnoso molto sviluppato. Rapporto A/P complessivo da << 1 a < 1. Al tetto del membro è spesso presente un deposito caotico, che localmente raggiunge un centinaio di metri di spessore (litofacies caotica - STA2a), con depositi da slumping e da debris-flow a elementi argilloso-calcarei, argillosi e marnosi provenienti da AVC, FIU e MMA. Contatto inferiore graduale con STA1. Potenza di 300-350m

▪ STA1 - Formazione di Stagno - membro arenaceo-pelitico (Aquitano - Burdigaliano)

Torbiditi arenaceo-pelitici organizzati in pacchi di strati gradati spessi e molto spessi a grana media e grossolana (A/P >1) alternati a pacchi di strati sottili e medi a grana fine (A/P <1); alla base sono frequenti gli strati molto spessi. A diverse altezze sono presenti pebbly-sandstone a geometria lentiforme spessi fino a qualche metro. Deposito bacinale. Contatto inferiore graduale o netto con TCG2. Spessore 500-700m.

▪ TCG2 - Formazione del Torrente Carigiola - membro pelitico (Aquitano - Burdigaliano)

Torbiditi siltitico-pelitici e marnose molto indurite a stratificazione molto sottile non sempre ben evidente, talvolta con liste di selce nera. Nella parte medio-alta del membro sono presenti sporadicamente torbiditi arenacei a geometria lenticolare, spesse da 50 cm a 2 m. Presenti talora intercalazioni di strati gradati sottili e medi a base arenitica, più frequenti e più spessi verso il basso. Potenza variabile da 30 a 70 m. Contatto inferiore netto, localmente parzialmente eteropico con TCG1.

▪ TCG1 - Formazione del Torrente Carigiola - membro a megastrati arenacei (Aquitano)

Torbiditi da pelitico-arenacei ad arenaceo-pelitici con spessore degli strati variabile da molto spesso a sottile e rapporto A/P da <1 a poco>1. Si associano depositi da slumping e livelli con liste di selce nera. Si intercalano potenti strati gradati arenitici (spessi fino a 35 m: "megastrati") a base grossolana seguita da uno potente intervallo arenitico più fine, spesso con gradazione assente e strutture interne caotiche e tetto pelitico sempre subordinato alle areniti. Dove possibile i megastrati (ms) più potenti sono stati cartografati. A vari livelli stratigrafici sono presenti pebbly-sandstone, di spessore variabile da 1 a circa 10m; quello più alto segna il contatto al sovrastante membro pelitico. Potenza massima circa 800 – 900 m. Contatto inferiore non affiorante (fuori dal territorio regionale è netto con la Formazione di Biancane).

## 5. MORFOLOGIA

L'assetto morfologico di un paesaggio è il risultato di una serie di processi che configurano il territorio, controllati dai fattori geologico strutturali, dagli agenti del modellamento e dalle condizioni climatiche dell'area.

I **fattori geologico strutturali** sono costituiti da:

- litologia del substrato, intesa come granulometria, composizione, coesione, alterabilità, resistenza, ecc delle rocce: cioè quelle caratteristiche fisiche e chimiche, che condizionano la resistenza del materiale;
- tettonica, considerata sia in senso dinamico, cioè come orogenesi, attività disgiuntiva di faglie e movimenti differenziali, sia in senso statico, cioè come giacitura, tettonizzazione, fratturazione delle rocce.

Gli **agenti del modellamento**, rappresentati dalle forze esogene (acqua, gravità, vento, ecc.), con la loro azione continua, operano in maniera morfoselettiva sul territorio risentendo sia delle caratteristiche

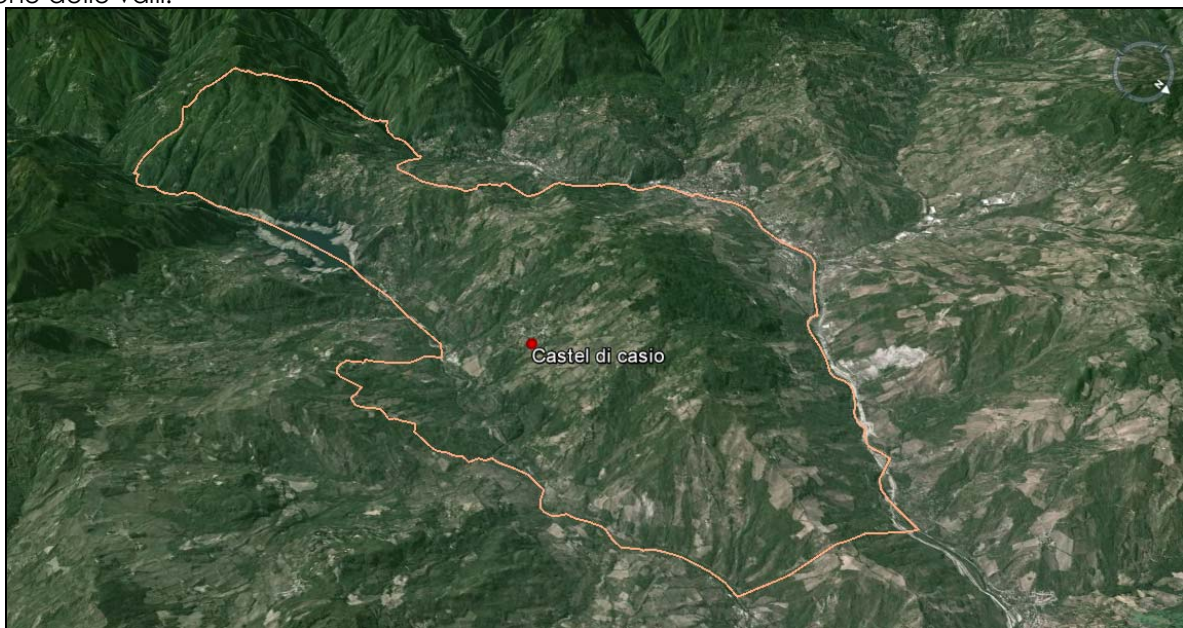
intrinseche del substrato (litologia e relative peculiarità) sia degli aspetti tettonici. Questi agenti agiscono con modalità ed intensità diverse a seconda delle **condizioni climatiche** che dipendono dalla radiazione solare, dal tipo e dalla distribuzione delle precipitazioni, dall'umidità dell'aria, dalla temperatura, dalla pressione atmosferica. Infatti l'orografia di un'area è più o meno influenzata direttamente dal clima dell'ambiente dove si trova: il caldo o il freddo, l'umidità o l'aridità e altre condizioni meteorologiche particolari possono favorire fenomeni di smantellamento del rilievo, possono determinare modificazioni fisiche o chimiche di una roccia, possono influire su processi di accumulo di materiale detritico.

### 5.1 Assetto morfologico del territorio Comunale

Il territorio comunale di Castel di Casio si sviluppa su un'ampia dorsale ad andamento NNE-SSO che costituisce lo spartiacque tra la valle del Fiume Reno e la valle del Torrente Limentra di Treppio e, nella porzione più meridionale, tra quest'ultima e la valle del torrente Limentra di Sambuca.

Le forme del paesaggio sono controllate dalla litologia di base presenti, dagli spessori dei terreni di copertura e dall'assetto geostrutturale che determina lineamenti principali dell'orografia. Tale influenza si avverte sia a grande scala per quanto riguarda l'andamento dei crinali e delle valli principali, sia nelle forme locali (vallecole e crinali secondari).

In particolare il territorio comunale è segnato da un evidente forte contrasto del paesaggio che indica un netto contrasto nelle litologie presenti. A sud del Bacino di Suviana la presenza delle competenti unità toscane determinano una elevata energia del rilievo con valli strette e profonde, mentre, immediatamente a nord, dove la litologia dominante è di natura argillitica, i versanti diventano meno acclivi, con un netto gradino morfologico cui si accompagna un allargamento della sezione delle valli.



*Figura 3. Vista tridimensionale del Comune di Castel di Casio, si noti il netto gradino morfologico direttamente a Sud del bacino di Suviana. Immagine satellitare tratta da Google Earth (fattore di amplificazione dell'elevazione= 3) con sovrapposto il confine comunale.*

Anche all'interno di quest'ultima unità del paesaggio non mancano i contrasti di forme legati sia alla presenza di complessi geologici più resistenti, come i lembi di unità competenti Toscane, che affiorano localmente nei pressi del lago di Suviana, i Flysch cretaceo-paleocenici e i lembi di arenarie epiliguri che affiorano a monte del centro abitato di Castel di Casio, sia per la locale scarsità di terreni di copertura che portano il substrato argillitico in affioramento o in subaffioramento. Peculiari, inoltre, sono gli elementi morfologici legati ai depositi e ai processi generati per gravità, connessi sia ad accumuli legati alle fasi post-glaciali sia a fenomeni di instabilità, per lo più di tipo complesso, attivi e/o progressivi.

Il reticolo idrografico è ben sviluppato e mostra, nei loro caratteri sostanziali, un sostanziale parallelismo fra i corsi d'acqua principali (Fiume Reno, torrenti Limentra di Treppio e Limentra di Sambuca entrambi affluenti di destra del Fiume Reno) che presentano una direzione SSE-NNO (anti-appenninica). In ampi settori si avverte un andamento parallelo anche nei tributari, caratterizzati da una direzione appenninica immettendosi nei collettori principali secondo angoli molto vicini all'angolo retto. Il pattern è variabile da dentritico a subdentritico a parallelo indicando un certo controllo strutturale del deflusso.

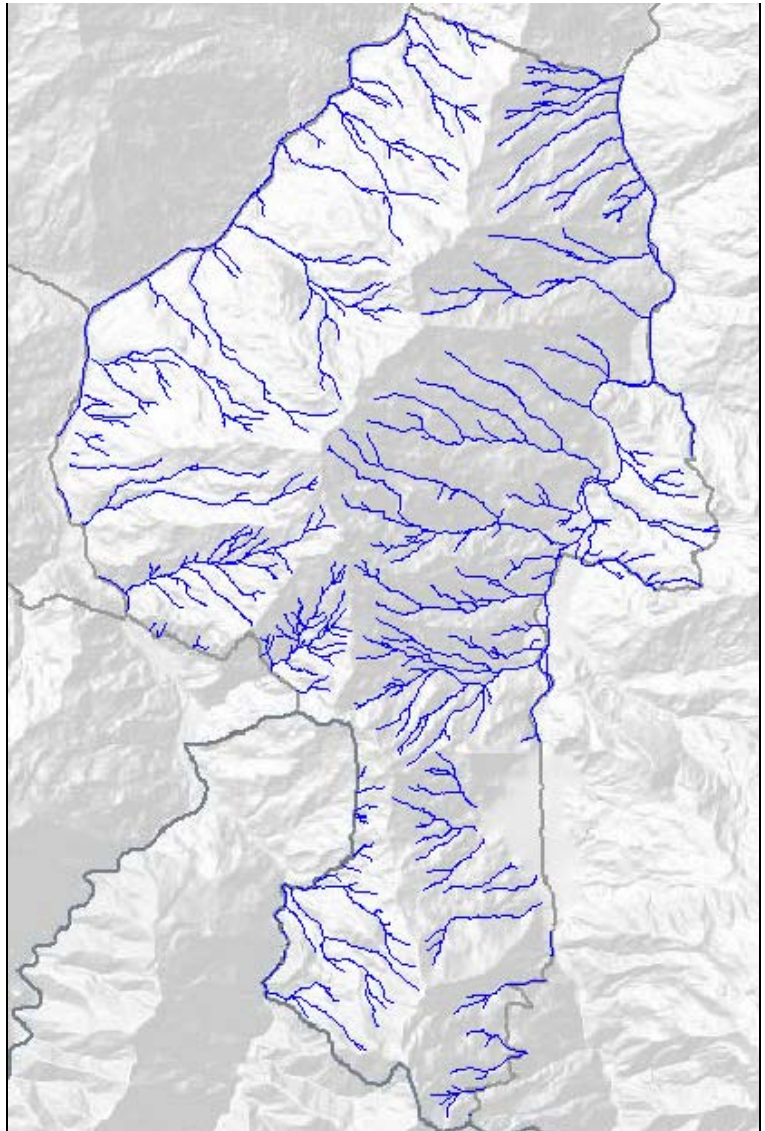


Fig. 3: Corografia del Comune di Castel di Casio- dal servizio on-line della Regione Emilia Romagna con sovrapposto il reticolo idrografico superficiale (dati tratti da <http://cst.provincia.bologna.it/catalogo>).

## 5.2 Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Reno, come riportato nella relazione allegata allo stesso, *è specificatamente finalizzato alla stabilità del territorio, in particolare alla difesa del suolo ed alla individuazione delle attitudini del territorio per utilizzi di tipo agroforestale e urbanistico, nonché all'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, alla loro perimetrazione ed alla definizione delle misure di salvaguardia e dei relativi interventi. In questo senso costituisce il supporto fondamentale per la formulazione degli schemi previsionali e programmatici e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo.*

In considerazione di ciò nel presente studio si è ritenuto opportuno riportare in modo sintetico l'elenco aggiornato della documentazione redatta dall'Autorità di Bacino del Reno e delle successive

modifiche derivanti da specifiche verifiche della pericolosità e del rischio. In particolare si tratta delle schede relative alle Zonizzazioni delle Aree a Rischio perimetrata e alle Zonizzazioni della Carta delle Attitudini alle Trasformazioni Edilizio-Urbanistiche perimetrata.

➤ Schede Zonizzazioni Aree a Rischio Perimetrata:

- Scheda N° 117 "Madonna del Ponte loc. Rovinaia";
- Scheda 118 "Berzantina";
- Scheda 119 "Casola";
- Scheda 120 "Salmaore";
- Scheda 121 "Il Faldo";
- Scheda 122 "Castel di Casio";
- Scheda 123 "Capanna dei Morati – Montilocchi";
- Scheda 124 "Lizzo – Mappiana";
- Scheda 125 "Cavanna di Suviana – Tramonti";
- Scheda 126 "Pida";
- Scheda 127 "Badi – Piamori";
- Scheda 128 "Poggio di Badi – Poggiolino";
- Scheda 170 "Rivabella";

➤ Schede Zonizzazioni della Carta delle Attitudini alle Trasformazioni Edilizio-Urbanistiche Perimetrata:

- Scheda N° A28 "Sassuriano";
- Scheda N° A29 "Caprina";
- Scheda N° A30 "Pozze Campacci";
- Scheda N° A31 "L'Odio di Qua - L'Odio di Là";
- Art. 12 C.6 La Speranza;
- Art. 12 C.6 Sodi;
- Art. 12 C.5 Badi Cà del Cucco;
- Art. 12 C.5 Le Serre;
- Art. 12 C.3 Cà dei Ricci;
- Art. 12 C.6 Prati Metalcastello;
- Art. 12 C.6 Prati Caminata;
- Art. 12 C.6 Badi Vignaccia;
- Art. 12 C.6 Badi La Buca;
- Art. 8 (mod zona 4) Poggio di Badi – Poggiolino.

A tale zonizzazione sono associate norme specifiche di tipo urbanistico-edilizio e di tipo agroforestale contenute negli articoli 6, 7, 8, 9 e 10 delle norme di Piano.

## 6. IDROGRAFIA

L'idrografia del Comune di Castel di Casio è costituita sostanzialmente, spostandosi da Ovest verso Est, dal Fiume Reno, dal Torrente Limentra di Sambuca e dal Torrente Limentra di Treppio entrambi affluenti di destra dello stesso Fiume Reno. Si tratta di corsi d'acqua ad andamento anti-appenninico (SSE-NNO) impostati totalmente o parzialmente lungo dislocazioni del substrato.

Il Fiume Reno con la porzione terminale del Limentra di Sambuca rappresenta il confine occidentale del comune lungo quasi tutto il suo sviluppo Nord-Sud, mentre il Torrente Limentra di Treppio il confine orientale.

### 6.1 Esondabilità

Al Titolo II, Rischio Idraulico e assetto della rete idrografica, il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico fornisce l'insieme delle conoscenze fisiche relative a tutto il territorio Comunale. Gli obiettivi del Piano, come riportato all'Art. 2 delle norme, sono in particolare:

- la riduzione del rischio idraulico ed il raggiungimento di livelli di rischio socialmente accettabili;
- la individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale in base alle caratteristiche morfologiche, naturalistico-ambientali e idrauliche.

La cartografia allegata al Piano che riguarda ambiti del territorio comunale risulta la seguente:

- Tavole 2.5 ÷ 2.8 della "Zonizzazione del Fiume Reno";

- Tavole 2.68 della "Zonizzazione del Torrente Limentra di Sambuca";
- Tavole 2.71, 2.72 A e 2.72 B della "Zonizzazione del Torrente Limentra di Treppio".

## 7. SISMICITÀ

L'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio di Castel di Casio parte direttamente dall'esame delle informazioni storiche esistenti. Il quadro delle conoscenze risulta particolarmente dettagliato negli ultimi 200 anni, ma procedendo a ritroso diventa frammentario e parziale, con informazioni riferite prevalentemente ai centri urbani storicamente presenti sul territorio e meno alle aree limitrofe, all'epoca scarsamente abitate.

Dal Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI11), consultabile on-line nel sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), dove sono disponibili i dati riferiti a 15416 località di cui 14150 in territorio italiano, sono state estratte le osservazioni sismiche disponibili per Castel di Casio riportate nella tabella seguente, specificando l'area epicentrale, il relativo valore di intensità massima, e gli effetti nel territorio comunale.

DATA [An Me Gi Or:Min:Sec]	Effetti Is	Terremoto		
		Area epicentrale	Io	Mw
1470-04- 11	8	APPENNINO BOLOGNESE	8	5.57 ±0.34
1869- 06- 25 13:58	7	MEDIA VALLE DEL RENO	7-8	5.42 ±0.48
1899- 06- 26 23:17:22	4	VALLE DEL BISENZIO	7	5.06 ±0.15
1914- 10- 27 09:22:36	5	GARFAGNANA	7	5.76 ±0.09
1971- 07- 15 01:33:23	3	PARMENSE	8	5.64 ±0.09
1985 -01- 23 10:10:18	4-5	GARFAGNANA	6	4.65 ±0.15
1986- 12- 06 17:07:20	NF	BONDENO	6	4.61 ±0.10
1995- 08- 24 17:27:34	5	APPENNINO BOLOGNESE	6	4.48 ±0.09
1995- 10- 10 06:54:23	2-3	LUNIGIANA	7	4.85 ±0.09
1997-12- 24 17:53:10	3	GARFAGNANA	5	4.36 ±0.09
2003- 09- 14 21:42:53	5	APPENNINO BOLOGNESE	6	5.29 ±0.09

*Tabella 3: Osservazioni sismiche disponibili per il Comune di Castel di Casio.*

Is = intensità effetti al sito espressa secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS)

Io = Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg

Mw = Magnitudo momento

Di seguito, le osservazioni sismiche relative al comune, sono riportate sottoforma di diagramma.

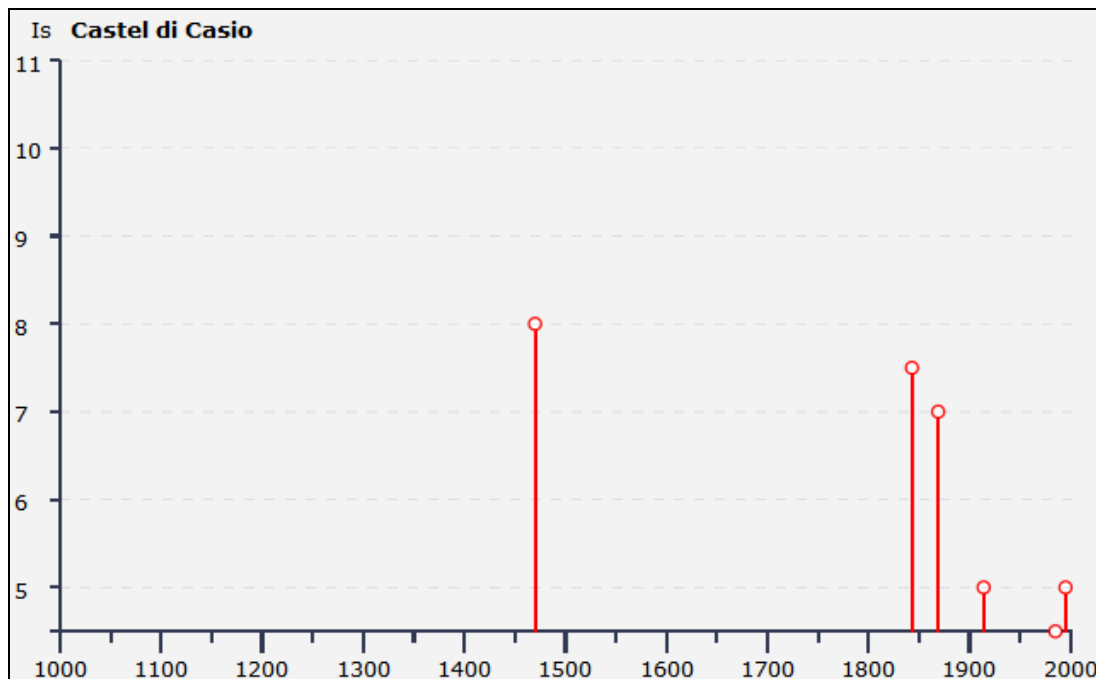


Fig. 9: Osservazioni sismiche relative al comune di Castel di Casio.

In base alla classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n° 3274, il Comune di Castel di Casio è inserito in Zona 3, alla quale risulta assegnato un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a  $a_g/g = 0,15$ .

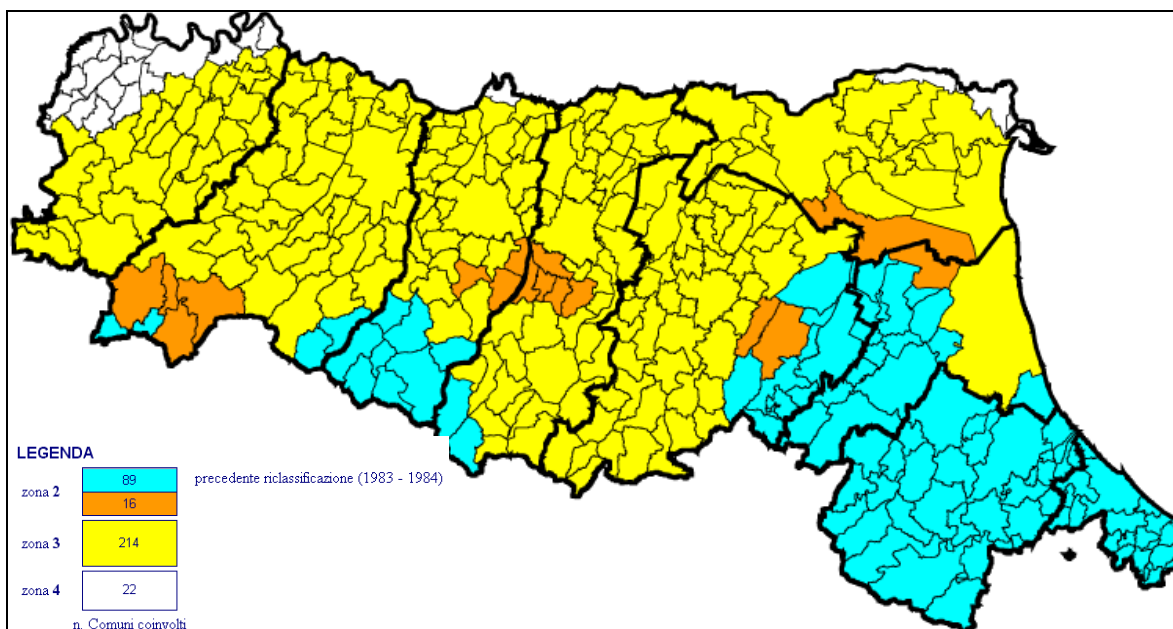


Fig. 10: Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione") - dal servizio on-line della Regione Emilia Romagna.

La Regione Emilia Romagna, con delibera di Giunta Regionale del 2 maggio 2007 ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina

generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Questi indirizzi forniscono i criteri per la valutazione della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio che devono essere osservati dalle Amministrazioni nell'elaborazione della strumentazione territoriale ed urbanistica.

Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico – così come specificato nell'art. A-2, comma 4, dell'Allegato alla LR 20/2000 – attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed orientano le scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

A tal fine il quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, deve perseguire lo scopo di migliorare la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico nonché fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione.

Pertanto, nel definire il quadro conoscitivo, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica devono avere riguardo alle parti di territorio interessate dai rischi per le opere e le attività umane determinate anche dalla pericolosità sismica.

Queste conoscenze della pericolosità sismica potenziale del territorio consentono alla pianificazione di evitare l'insorgenza di nuovi rischi, attraverso la localizzazione di interventi in aree esposte a minor pericolo.

L'articolo 3.1 dell'Allegato A prevede che in sede di elaborazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) deve essere prodotta, per l'intero territorio della provincia, la "*Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali*". In tale cartografia devono essere evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi. Essa è dunque uno strumento propedeutico alla pianificazione urbanistica comunale utile per indirizzare le scelte verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica.

La Variante al PTCP in materia di **rischio sismico**, approvata con Del. C.P. n. 57 del 28/10/2013 attraverso l'apposito elaborato cartografico (Tavola 2 C Foglio VII "Rischio Sismico - Carta provinciale degli effetti locali attesi"), rappresenta un primo livello di approfondimento, che identifica scenari di pericolosità sismica locale dell'intero territorio provinciale. Fornisce inoltre prime indicazioni sui limiti e le condizioni per orientare le scelte di pianificazione alla scala comunale verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica. Rappresenta infine uno strumento propedeutico per le elaborazioni richieste agli strumenti urbanistici comunali e per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale preventiva delle singole scelte di pianificazione. La Tavola 2C opera una prima distinzione delle aree sulla base degli effetti locali attesi in caso di evento sismico e, per ciascuna tipologia di esse, indica le indagini e/o analisi di approfondimento che devono essere effettuate dagli strumenti di pianificazione successivi, nonché indicazioni normative sugli interventi ammissibili nelle aree caratterizzate da pericolo sismico elevato.

I Comuni, nell'ambito della redazione degli strumenti urbanistici, sono chiamati ad approfondire, integrare ed eventualmente modificare sul proprio territorio le perimetrazioni individuate nella Tavola 2C. Una volta effettuato tale approfondimento da parte dei Comuni, sulle aree individuate dagli strumenti urbanistici Comunali valgono le disposizioni contenute nelle Norme allegata alla Variante al PTCP della Provincia di Bologna in materia di riduzione del Rischio Sismico – adeguamento alla L.R. 19/2008 – STESURA CONTRODEDOTTA.

Nello specifico quindi, la prima fase di studio prevista dalla Delibera Regionale n.112 del maggio 2007, che fornisce anche i dati fondamentali per valutazioni più accurate della risposta sismica, è ricompresa nella Tavola 2C del PTCP della Provincia di Bologna per la stesura della quale sono stati utilizzati e sviluppati i criteri definiti per la prima fase di studio. Questa cartografia di Piano corrisponde ad un livello conoscitivo preliminare, ovvero alla definizione degli scenari di pericolosità sismica, consentendo di individuare le aree soggette ad effetti locali in caso di sisma (amplificazione dell'impulso sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di addensamento/liquefazione, cedimenti dei

terreni, ecc.). La seconda fase di studio individuata e definita nella Delibera di Giunta Regionale n. 112 del maggio 2007, deve giungere alla valutazione della risposta sismica locale ed alla microzonazione del territorio, necessaria per l'approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale. Questa seconda fase di studio è stata qui effettuata nelle aree già insediate e di nuovo insediamento (ambiti consolidati).

Lo studio geologico condotto nell'ambito della Variante al PSC, ha previsto un'analisi rigorosa e di dettaglio della morfologia e della morfodinamica degli ambiti di progetto, al fine di escludere interferenze degli stessi con processi gravitativi in atto e/o in potenziale evoluzione. Tali analisi, basate su valutazioni geologiche e morfologiche puntuali, hanno portato alla verifica di situazioni a volte molto difformi, rispetto a quanto rappresentato nella Tavola 2C del PTCP. Tali dati derivanti dal rilievo geologico diretto, non sono stati ritenuti sufficienti per poter già in questa fase, rivedere la classe di rischio sulla Tavola 2 C del PTCP, senza dover prevedere per il futuro costose e ridondanti verifiche strumentali.

Nelle tavole di approfondimento (Tav1.8q1-q5), sono state per tale motivo mantenute le aree di approfondimento di Terzo livello, così come definito da PTCP, sviluppando il secondo livello di approfondimento solo sulle rimanenti superfici degli ambiti di progetto.

## **7.2 Analisi della risposta sismica locale e micro zonazione sismica del territorio - Secondo livello di approfondimento - analisi semplificata -**

L'analisi semplificata è richiesta e ritenuta sufficiente, per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$ , in cui il deposito ha spessore costante. Tale analisi ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale per l'elaborazione della carta di microzonazione. Questa fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC e delle sue varianti.

Nelle tavole prodotte alla scala 1:5.000 (Tav1.8q1-q5), sono riportati, oltre agli ambiti da sottoporre a III livello di approfondimento così come da PTCP (Tav 2C), i coefficienti di amplificazione sismica per ciascuna delle aree individuate ottenuti impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (A2.1 e A2.2 della DAL 2007), che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA0 e SI0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento (calcolati per il Comune di Castel di Casio dal data base regionale); PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati. In allegato a fine testo sono riportati i risultati delle prove per la definizione del modello geologico del sottosuolo e dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs). Nei comparti studiati non vi sono le condizioni né geologiche né stratigrafiche che individuino caratteri predisponenti alla liquefazione.

Le indagini e le analisi sono state estese (vedi (Tav1.8q1-q5), ad un'adeguata fascia limitrofa ai territori ed alle zone indagate il cui comportamento è potenzialmente in grado di influenzare i risultati della microzonazione sismica. La zona indagata e la scala di restituzione degli elaborati è stata commisurata alle criticità, alle dimensioni dell'area ed all'importanza dell'intervento urbanistico, edilizio o infrastrutturale da realizzare.

Il fattore di amplificazione riportato nelle tavole è un parametro numerico che descrive quanto il moto sismico, misurato in un sito di riferimento (roccia morfologicamente piatta e rigida), è amplificato nel sito in studio. Le amplificazioni possono essere dovute alle caratteristiche litologiche e morfologiche dell'area che si sta valutando. Il fattore di amplificazione può essere espresso in termini di accelerazioni (Fa) e/o in termini di velocità (Fv).

Per la predisposizione dell'elaborato sono state utilizzate oltre alle misure a stazione singola, i dati messi a disposizione dell'amministrazione Comunale, che hanno permesso di definire lo spessore del deposito di copertura, della profondità del bed-rock (H) e della velocità equivalente delle onde di



taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  e  $V_{s30}$ ), secondo le formule di seguito riportate:

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

*Dove:*

- $H$  = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del bed-rock;
- $h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino al bedrock);
- $V_{si}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino al bedrock);
- $h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m);
- $V_{si}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m).

Con i dati derivanti dall'analisi sismica e dalle indagini geognostiche effettuate sono stati ricavati i fattori di amplificazione (F.A.) in campo libero (PGA: Peak Ground Acceleration, accelerazione massima al suolo) e per i diversi periodi di tempo  $T$  (0,1s-0,5 s e 0,5s-1,0s):

Nello studio, delle aree esterne a quelle di III livello di approfondimento, la caratterizzazione è basata sul fattore di amplificazione del moto F.A, così come definito negli Indirizzi e criteri generali per la Microzonazione Sismica. I valori di F.A. attribuiti alle varie microzone delle mappe prodotte definiscono una scala di pericolosità sismica areale relativa ad eventi sismici corrispondenti alle condizioni di progetto per costruzioni ordinarie (probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno del terremoto  $TR=475$  anni).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), approvate con D.M. 14.01.2008, richiedono che nella progettazione siano affrontati aspetti e conseguiti obiettivi apparentemente simili agli studi di MS. Occorre però distinguere la scala alla quale si opera. Infatti, nelle NTC la progettazione è riferita ad uno specifico manufatto e quindi riguarda siti di limitata estensione in pianta (scala del manufatto, generalmente dell'ordine delle centinaia di m<sup>2</sup>); la MS opera invece su scala territoriale, e le stesse microzone possono avere estensione anche notevole, in dipendenza delle condizioni di relativa omogeneità del sottosuolo (scala della microzona, generalmente dell'ordine delle decine di migliaia di m<sup>2</sup>). In genere, quindi, le indagini e lo studio a supporto della progettazione di un manufatto forniscono informazioni più puntuali e specifiche di quelle che si possono ottenere dagli studi per la MS di un territorio. Quest'ultima, di contro, è basata sulla sintesi di dati relativi ad aree più estese e quindi offre una conoscenza più diffusa, di sicuro interesse per la pianificazione urbanistica e la pianificazione di emergenza.

I parametri FA (risultato della MS) ed  $S$  (in NTC, 2008) hanno analogo significato fisico in quanto entrambi descrivono i fenomeni di amplificazione locale dovuti ad effetti stratigrafici e topografici. Tuttavia essi differiscono per diversi aspetti, sinteticamente riportati e discussi di seguito, soprattutto al fine di definire le relative modalità di utilizzo.

Il valore FA è ottenuto tenendo conto di dati arealmente distribuiti in un intorno molto ampio (scala della microzona) rispetto al generico sito del manufatto, mentre  $S$  deve essere calcolato specificamente per i terreni di fondazione del manufatto (scala del manufatto). A tal proposito si deve evidenziare che, si è cercato di basare lo studio di MS su un numero mino rappresentativo in modo tale da garantire un livelli sufficiente di confidenza del dato stratigrafico.

Entrambi i parametri sono derivati dagli spettri di risposta in superficie, comprensivi degli effetti locali, e

da quelli valutati in condizioni ideali di affioramento rigido a superficie orizzontale forniti nell'allegato B delle NTC (2008), ma sono ottenuti con diverse procedure. Il valore FA è determinato rapportando valori medi delle ordinate spettrali in intervalli piuttosto ristretti intorno ai picchi sia dello spettro in superficie sia di quello di input: ciò può condurre a valori superiori rispetto a quelli definiti per S dalle NTC (2008), i quali sono relativi ad un intervallo più ampio degli spettri di superficie e di input.

Il valore di FA è, poi, determinato in condizioni di campo libero, a livello del piano campagna e prescindendo dagli stati limite di riferimento e dei caratteri specifici delle opere. Gli studi di risposta sismica locale (RSL), dai quali si determina l'azione sismica di progetto per il manufatto, devono essere effettuati relativamente a quote di riferimento generalmente diverse dal piano campagna, e che sono funzione intrinseca dell'opera in esame (piano di posa per le fondazioni superficiali, testa dei pali per le fondazioni profonde, e così via); peraltro le azioni sul manufatto dovrebbero, a rigore, tenere conto anche dell'interazione tra il terreno e la struttura.

Infine, al di là degli aspetti meramente tecnici, e qui occorre specificarlo, sussiste anche un problema di responsabilità sia nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo sia nella scelta del metodo di calcolo, che non può che essere del progettista, così come stabilito dalle NTC (2008). In definitiva, FA non è in generale assimilabile al valore S delle NTC (2008) e quindi non può sostituire quest'ultimo nella definizione dello spettro elastico per il sito (scala del manufatto).

È evidente che l'unico valor medio attribuito ad una microzona va inteso come valore indicativo nell'intorno del quale può situarsi il valore reale, in relazione al tipo di input considerato, alle incertezze dei parametri di calcolo e del modello utilizzato nelle simulazioni, alla variabilità di tali parametri all'interno della microzona.

Stabilite le differenze tra FA e S, si possono però delineare, con riferimento alle NTC (2008), alcune modalità d'uso specifiche degli FA riportati sulle mappe di MS:

- 1) Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, l'analisi delle sezioni geologiche e la conoscenza di FA possono orientare nella scelta e quantificazione delle indagini da effettuare per l'identificazione delle categorie di sottosuolo previste dalla norma, attraverso l'approccio semplificato che si basa sulla individuazione della velocità equivalente delle onde di taglio nei primi trenta metri dal piano di riferimento (VS,30);
- 2) FA costituisce un valore di riferimento, che sarà tanto più indicativo quanto più il professionista giudicherà il modello del sottosuolo, definito nella microzona, rappresentativo dell'area di fondazione del manufatto. Alcune mappe riportano aree il cui modello del sottosuolo non è riconducibile alle situazioni tipiche definite dalle NTC (2008): per esempio aree subito a ridosso dei rilievi (risultati fortemente condizionati da effetti 2D) o aree in cui è misurato un profilo con inversioni di velocità, ossia quando l'andamento delle velocità delle onde di taglio non risulta monotonicamente crescente con la profondità. In questi casi l'amplificazione locale, in accordo con quanto previsto dalle NTC (2008), dovrà essere valutata con apposite indagini e studi specifici di RSL, piuttosto che facendo riferimento alla VS,30 ed alle corrispondenti categorie di sottosuolo;
- 3) Valori di FA maggiori di 2.5 caratterizzano aree particolari, con sensibili amplificazioni locali su determinate frequenze, e quindi indicano la necessità di svolgere indagini più approfondite;
- 4) Nelle zone stabili, con FA=1, previa verifica speditiva dell'effettiva corrispondenza di quanto riportato nella carta di MS con le condizioni al sito del manufatto e previa esecuzione di indagini di limitata estensione, è possibile attribuire al sottosuolo la categoria A, a meno che non siano presenti coltri di alterazione o fenomeni di fratturazione intensa e pervasiva, che determinino proprietà meccaniche non più riferibili a tale categoria.

### 7.3 Indagini geognostiche e geofisiche di riferimento

Lo studio di approfondimento della pericolosità sismica si è basato su dati geognostici e geofisici pregressi (relazioni geologiche forniteci dall'Ufficio Tecnico comunale) e dagli esiti delle ulteriori indagini effettuate esplicitamente nell'ambito del presente studio; in particolare sono state effettuate analisi del del microtremore sismico con tecnica HVSR. Lo strumento utilizzato dispone di tre canali di

acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V. L'elaborazione dei dati fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza  $f_r$  del sottosuolo  $f_r = V_s/4*H$  con  $H$  = spessore dello strato. Queste indagini prevedono misure puntuali e speditive da cui è possibile ricavare indirettamente informazioni sulla profondità dei riflettori sismici avendo a disposizione punti di controllo di taratura (dati geognostici e geofisici). Forniscono, pertanto, un ulteriore supporto alla interpretazione stratigrafica ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato. Inoltre, consentono la stima delle frequenze di vibrazione del terreno e una preliminare analisi delle possibili "doppie risonanze" con i manufatti di progetto. L'acquisizione dati è avvenuta attraverso registrazioni della durata di 12 minuti e passo di campionamento pari a 128 Hz. Le analisi sono state distribuite in modo ragionato, nelle aree di approfondimento in relazione sia all'assetto litostratigrafico sia alla geologia generale.

## 8. PROPOSTE NORMATIVE PER GLI ASPETTI SISMICI

Norme e indirizzi di riferimento per le indagini e gli approfondimenti sismici:

1. Delibera Assemblea Legislativa Regione E.R. n.112 del 2 maggio 2007 approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" in merito a "Indirizzi per gli studi microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale".
2. Variante 2013 al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale in materia sismica: nuovo art. 6.14 delle NTA (definisce le macrozone di pericolosità sismica; fornisce le prime indicazioni sui limiti e sulle condizioni per orientare le scelte di pianificazione alla scala comunale). La normativa, indica per le macrozone il dettaglio di approfondimento richiesto e le eventuali limitazioni edificatorie di riferimento per la pianificazione comunale .

Facendo riferimento all'art. 6.14 delle NTA si riporta inoltre quanto segue:

4. (D) Laddove richiesto dal PSC, il POC potrà eseguire gli approfondimenti di III livello e svilupperà le indagini necessarie sulla base delle indicazioni geologiche e tecniche del PSC stesso. Solo qualora sia prevista l'attuazione delle previsioni attraverso il PUA, il III livello di approfondimento sismico potrà essere demandato al PUA stesso.
5. (D) Costituiscono riferimento tecnico per i tre livelli di approfondimento, gli Allegati della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Le indagini e le analisi devono essere estese ad un'adeguata fascia limitrofa ai territori ed alle zone indagate il cui comportamento è potenzialmente in grado di influenzare i risultati della microzonazione sismica. La zona da indagare e la scala di restituzione degli elaborati sono commisurate alle criticità, alle dimensioni dell'area ed all'importanza dell'intervento urbanistico, edilizio o infrastrutturale da realizzare. L'approfondimento geologico sismico svolto dal Comune (I, II o III livello in funzione di quanto previsto ai punti precedenti), all'interno degli strumenti urbanistici approvati, potrà determinare un assetto delle aree diverso da quello individuato nella Tav. 2C, senza che ciò comporti la necessità di variante del PTCP medesimo. Analogamente, qualora siano eseguiti approfondimenti geologici e sismici nell'ambito di procedure di valutazione/autorizzazione alla realizzazione di Opere Pubbliche, e qualora tali approfondimenti propongano la riclassificazione delle aree su cui tali opere si intendono realizzare, prevedendo interventi volti a garantirne la stabilità anche a seguito di eventi sismici (in conformità delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008), se approvata dagli Enti competenti ad esprimersi in seno a detta procedura, la riclassificazione proposta non comporta la necessità di apportare Variante alla Tavola 2C del PTCP, ovvero non dovrà bloccare la procedura di autorizzazione dell'opera pubblica.
6. (D) I Comuni adeguano il proprio Regolamento urbanistico ed edilizio (RUE) alle indicazioni previste nel PSC. Inoltre nei casi di interventi edilizi senza piani attuativi, nel territorio urbanizzato, consolidato e

rurale, il riferimento per il RUE saranno le Norme Tecniche delle Costruzioni in zona sismica. Nel caso di interventi edilizi diretti in ambito rurale (quindi in assenza del II livello di approfondimento), qualora questi risultino ricadenti all'interno di aree classificate dalla Tav 2C come "F" o "FP" il relativo Permesso a costruire potrà essere rilasciato a fronte di una relazione geologica-sismica, da prevedersi a corredo della richiesta, che dimostri lo stato di "inattività" della frana e quindi di stabilità del pendio.

Per gli interventi edilizi diretti e per gli interventi previsti da piani attuativi già adottati prima della data di adozione della Variante al PTCP in materia di riduzione del rischio sismico ricadenti su aree in cui il PSC o il PTCP (Tav 2C) richiedono il III° livello di approfondimento, vale quanto precisato al punto 10 in ordine alla non possibilità di applicare l'approccio semplificato.

7. (D) Il Piano strutturale comunale (PSC), il Piano operativo comunale (POC) e il Piano urbanistico attuativo (PUA), nonché, in via transitoria, il Piano regolatore generale (PRG) e i relativi strumenti urbanistici attuativi, devono essere supportati dalla relazione geologica e dall'analisi di risposta sismica locale a corredo delle previsioni di piano, in coerenza con quanto disposto ai punti 2 e 3 del presente articolo; in tali relazioni dovranno essere descritte e attentamente valutate anche le condizioni di soggiacenza delle falde acquifere presenti nei primi 15 metri di profondità. La Provincia sulla base delle indicazioni della Tav. 2C, nonché delle condizioni geologiche dei luoghi e della documentazione fornita a corredo degli strumenti urbanistici, rilascia pareri sul "vincolo sismico", nell'ambito delle riserve o degli atti di assenso comunque denominati, nel corso del procedimento di approvazione dello strumento urbanistico stesso.

8. (D) Gli strumenti urbanistici comunali, non conformi alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, si devono adeguare alle presenti Norme in materia di riduzione del rischio sismico, secondo le indicazioni dell'art. 16.1 del PTCP. Nelle more dell'adeguamento dei PSC, i Comuni, in sede di formazione del POC e per i soli ambiti di competenza del medesimo Piano, devono:

- verificare, approfondire ed eventualmente integrare ad una scala di maggior dettaglio la Tavola 2C "Rischio Sismico - Carta provinciale degli effetti locali attesi";
- sviluppare le analisi richieste al PSC al punto 3, oltre agli ulteriori approfondimenti richiesti dal presente articolo.

9. (D) Nel caso di strumenti urbanistici comunali già redatti in conformità alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007, benché approvati precedentemente all'adozione della Variante al PTCP in materia di riduzione del rischio sismico, qualora vi fossero difformità tra il PSC e la Tavola 2C del PTCP nelle perimetrazioni delle aree caratterizzate dagli effetti locali, in sede di redazione di loro variante o dei successivi strumenti urbanistici (POC, PUA), i Comuni dovranno verificare tali difformità, accertando la veridicità della cartografia comunale assunta come riferimento. Pertanto nel caso in cui fossero presenti difformità cartografiche, in attesa della approvazione degli strumenti urbanistici successivi, dovranno essere ritenuti vigenti sia gli approfondimenti svolti a scala Comunale nel PSC che i contenuti della Tavola 2C e dovranno essere prese in considerazione le perimetrazioni più cautelative ai fini della riduzione del rischio sismico. Qualora i medesimi strumenti urbanistici comunali, approvati successivamente alla DAL n. 112 del 2007 ma precedentemente all'adozione della Variante al PTCP in materia di rischio sismico, non abbiano associato alle perimetrazioni delle aree caratterizzate dagli effetti locali alcuna disposizione normativa, dovranno essere applicate le norme previste al comma 2 del presente articolo nelle more del recepimento delle stesse da parte dello strumento urbanistico comunale mediante un apposito adeguamento normativo.

10.(D) I risultati degli studi di microzonazione sismica costituiscono prescrizioni da rispettare per la progettazione ai sensi della DGR 1373/2011, fornendo informazioni utili per l'analisi della risposta sismica. In ogni caso, ogni qualvolta sia richiesto il III° livello di approfondimento, non è consentita la stima della risposta sismica locale tramite l'approccio semplificato previsto al paragrafo 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

11. (D) I risultati degli studi di microzonazione sismica devono essere un riferimento per la redazione dei Piani di Protezione Civile, in particolare per la definizione degli scenari di danno e per la individuazione e la scelta delle aree e dei siti d'interesse per strutture di Protezione Civile.

12. (D) Ai fini della confrontabilità geografica digitale ed allo scopo di favorire lo scambio delle

informazioni per l'implementazione degli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, gli elaborati cartografici degli strumenti di pianificazione comunale previsti al presente articolo nonché i dati utilizzati per la loro redazione, sono resi disponibili agli Enti anche in formato vettoriale e devono essere realizzati in conformità a quanto previsto al punto A.1 della Delibera Assemblea Legislativa n. 112/2007.

Dott. Luca Monti

geologo

31 marzo 2014.