Unione Reno Galliera

Provincia di Bologna

Comune di
SAN PIETRO IN CASALE

PSC

ELABORATO IN FORMA ASSOCIATA

PIANO STRUTTURALE COMUNALE

AGGIORNAMENTO OTTOBRE 2013

PERICOLOSITA E MICROZONAZIONE SISMICA (DAL 112/2007)

Relazione

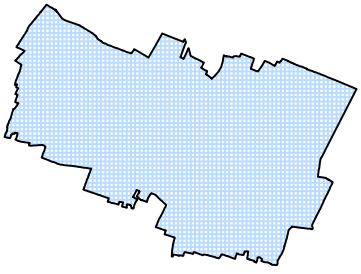
Sindaco
Roberto Brunelli

Segretario comunale
Dott. Mario Criso

Responsabile Ufficio Pianificazione Territoriale
Arch. Piero Vignali

Elaborazione
Studio Sangiorgi: Dott. Geol. Samuel Sangiorgi
Dott. Geol. Venusia Ferrari

PRIMA APPROVAZIONE
adozione delib. C.C n.91 del 29.11.2008
approvazione delib. C.C n.03 del 03.02.2011



VARIANTI

Variante in materia di riduzione del rischio sismico – Co-pianificazione ai sensi dell'art. 21 della L.R. 20/2000 con variante al PTCP.	
Approvazione Accordo di Pianificazione:	delibera Cons. Prov. n. 1 del 07/01/2013
Adozione:	delibera Cons. Prov. n. 4 del 14/01/2013
Approvazione:	delibera Cons. Prov. n. 57 del 28/10/2013

Indice generale

1 Introduzione.....2

2 Tavola A (scala 1:25.000): l'aggiornamento della pericolosità sismica sovracomunale.....5

3 La Tavola 1 a/b (scala 1/5.000): gli approfondimenti della pericolosità sismica alla scala comunale.....6

3.1 La ricostruzione paleogeografica elaborata per il PSC.....6
3.2 La pericolosità legata alla liquefacibilità dei sedimenti.....9
3.3 Le aree omogenee di pericolosità sismica.....11

4 La Tavola 2a/b (scala 1/5.000): la Microzonazione sismica semplificata.....13

4.1 L'aggiornamento dello studio di Microzonazione 13
4.2 Le Zone omogenee dal punto di vista sismico.....16

5 L'archivio delle indagini geognostiche e geofisiche di riferimento.....19

6 Normativa in materia di rischio sismico e criteri applicativi per gli approfondimenti.....20

1 Introduzione

La Regione Emilia-Romagna, attraverso uno specifico apparato normativo (LR 20/2000 e DAL. n.112/2007 (“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”) ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, definendo criteri di approfondimento differenziati (<<livelli>>) a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

Nel caso dei Comuni dell'Unione Reno-Galliera, la componente geologica elaborata per il Quadro Conoscitivo (QC) del Piano Strutturale in forma associata, includeva, già nel 2006, un'analisi della pericolosità sismica equiparabile al “primo livello” richiesto dalla citata delibera regionale, all'epoca non ancora vigente.

Da questa prima analisi, era emerso che i fusi granulometrici delle sabbie sepolte (paleoalvei) del Reno, recuperate da sondaggi di letteratura ed effettuati nel Comune di Bologna, Castel Maggiore e Argelato, ricadevano costantemente entro il fuso predisponente la liquefacibilità.

Per questo motivo, gli studi geologici e sismici successivamente elaborati (dal 2007 al 2010) per i Piani Strutturali dei singoli Comuni dell'Unione, hanno consentito ulteriori approfondimenti, anche in merito alle valutazioni quantitative della possibilità di liquefazione dei sedimenti granulari saturi in caso di sisma. In questo senso, nelle aree urbanizzate (capoluogo e principali frazioni) e urbanizzabili, sono state espletate verifiche che hanno richiesto indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni; penetrometrie CPTE/CPTU), indagini geofisiche (MASW; Re.Mi.; SCPT; tomografie sismiche a rifrazione; acquisizioni HVSR), e prove di laboratorio anche molto raffinate e costose su campioni di sabbie (prove triassiali cicliche) prelevati da terebrazioni (nei Comuni di Castel Maggiore e Argelato).

Lo studio geologico e sismico elaborato per il PSC del Comune di San Pietro in Casale (Viel & Sangiorgi, 2008) ha dunque permesso di zonizzare il territorio anche in termini di amplificazione (“secondo livello” di approfondimento, ai sensi della DAL n.112/2007) e potenziale propensione alla liquefazione, partendo dagli esiti delle sopracitate analisi, dai documenti geologici e idrogeologici e stratigrafici già elaborati per il QC del PSC associato.

Successivamente agli studi geologici e sismici elaborati per il PSC, la Provincia di Bologna ha adottato (delibera n.4 del CP del 14 gennaio 2013) la Variante al PTCP in

materia di “rischio sismico” che, sulla base delle indicazioni della DAL n.112/2007 ha sviluppato il “primo livello” di approfondimento geologico sismico, dando disposizioni ai Comuni su come e dove effettuare i successivi livelli di approfondimento, che potranno integrare e meglio definire le informazioni elaborate alla scala provinciale. La Variante al PTCP ha prodotto una specifica cartografia della pericolosità sismica preliminare: la tavola 2C “Rischio Sismico – Carta degli Effetti Locali Attesi” alla scala 1:65.000 per la pianura e 1:25.000 per la collina e montagna; ha inoltre elaborato una nuova normativa finalizzata alla riduzione del rischio sismico, che definisce e chiarisce e ruoli e gli approfondimenti richiesti nei vari strumenti urbanistici comunali, il loro rapporto con la pianificazione sovraordinata e i tempi richiesti per il loro adeguamento alla Variante stessa.

Alla luce di questo ulteriore aggiornamento del PTCP, tutti i Comuni dell'Unione Reno-Galliera (Argelato, Bentivoglio, Castello d’Argile, Castel Maggiore, Galliera, Pieve di Cento, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale), più il comune di Malalbergo, hanno solertemente manifestato l'interesse, già in sede di conferenza di pianificazione della citata Variante al PTCP di rivedere la propria cartografia e normativa in materia di rischio sismico, a recepimento dei contenuti riportati nella successiva Variante al PTCP in tema di rischio sismico (Tavola 2C e disposizioni normative). L'aggiornamento degli studi sismici, come vedremo nei successivi capitoli, ha anche permesso di rivedere in modo non sostanziale la Microzonazione Sismica, ai fini di una migliore coerenza degli esiti tra tutti i Comuni dell'Unione.

In sintesi, l'adeguamento espletato dalle citate Amministrazioni comunali e, pertanto, anche dal Comune di San Pietro in Casale, è consistito:

- nella stesura della *“Tavola A – Zonizzazione Sismica”*, alla scala 1/25.000, che rappresenta un ulteriore rielaborazione degli esiti del “primo livello” di approfondimento per i Comuni dell'Unione Reno-Galliera e assumendo gli esiti dello studio sismico preliminare contenuti nella Variante al PTCP in materia sismica, con particolare riferimento alla già citata Tavola 2C. Questo nuovo elaborato sostituisce, pertanto, la corrispondente cartografia alla scala 1/25.000, elaborata nel 2006, in sede di PSC associato (“Tavola 3 – Carta Macro-zone Sismiche”);
- nella stesura della *“Tavola 1a/b – Pericolosità Sismica – Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali”*, alla scala 1/5.000 che riporta gli esiti di tale approfondimento alla scala cartografica di maggior dettaglio, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Questa cartografia riporta gli esiti degli ulteriori

approfondimenti di pericolosità sismica per quanto riguarda la propensione alla liquefazione, espletati nel territorio urbanizzato e urbanizzabile. Questo nuovo elaborato sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000, elaborata nel 2008, in sede di PSC ("Tavola 1 – Microzonazione Sismica");

- nella stesura della *"Tavola 2a/b – Microzonazione Sismica semplificata"*, alla scala 1/5.000 che riporta gli esiti dell'approfondimento della risposta sismica semplificata (secondo livello) alla scala cartografica di maggior dettaglio, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Questo nuovo elaborato sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000, elaborata nel 2008, in sede di PSC ("Tavola 1 – Microzonazione Sismica");
- nella stesura di una nuova specifica normativa di PSC e di indirizzi operativi in materia sismica
- nella stesura di una ulteriore "appendice" da allegare al RUE comunale che riporta i criteri applicativi per gli ulteriori approfondimenti sismici ("terzo livello") richiesti nel territorio comunale.

I capitoli seguenti, illustreranno più nel dettaglio gli aggiornamenti contenuti negli elaborati sopra citati. Resta bene inteso che, per gli approfondimenti geologici e sismici, si rimanda anche alla Relazione Geologica e alle cartografie elaborate per il QC del PSC associato (2004; 2006) e alla Relazione Geologia e Sismica redatta per il PSC di San Pietro in Casale (2008).

2 Tavola A (scala 1:25.000): l'aggiornamento della pericolosità sismica sovracomunale

La “Tavola A – Zonizzazione Sismica”, alla scala 1/25.000, rappresenta un'ulteriore rielaborazione degli esiti del “primo livello” di approfondimento per i Comuni dell'Unione Reno-Galliera, già espletati con lo studio sismico preliminare del PSC associato dei Comuni dell'Unione Reno-Galliera[1]. Tale studio costituisce un inquadramento territoriale delle caratteristiche sismiche fondamentali equiparabile al “primo livello di approfondimento” ai sensi della DAL n.112/2007. Lo studio è fondato sulle conoscenze di sottosuolo pregresse, sulle interpretazioni morfologiche di superficie, e sugli esiti di analisi tessiturali di repertorio.

La Tavola A ora riporta sul territorio dei Comuni dell'Unione Reno Galliera, e alla scala 1/25.000, anche gli effetti locali individuati nel PTCP come macro aree nella “Tavola 2C – Rischio Sismico e in particolare:

- *L1 – Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione;*
- *R – Aree incoerenti/incerte per caratteristiche litologiche e morfologiche - aree di cava; discariche; depositi di terre di scavo;*
- *C – Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti;*
- *A – Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche.*

Le macro aree riportate nella tavola “A” individuano, pertanto, le aree caratterizzate da propensione alla liquefazione/addensamento, cioè raggruppano le situazioni di sottosuolo valutate a probabile e/o potenziale liquefazione dei sedimenti granulari saturi (anche con possibilità di substrato ghiaioso).

La Tavola A, pertanto, sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/25.000, elaborata nel 2006, in sede di PSC associato *(“Tavola 3 – Carta Macro-zone Sismiche”);*

[1] *“Quadro Conoscitivo: Zonizzazione sismica – seconda integrazione alla Relazione Geologica” (G. Viel, 2006).*

3 La Tavola 1 a/b (scala 1/5.000): gli approfondimenti della pericolosità sismica alla scala comunale

Tavola 1a/b Pericolosità Sismica – Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali prodotta alla scala 1/5.000, riporta gli esiti degli approfondimenti sismici alla scala cartografica di maggior dettaglio, così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Queste ulteriori analisi, sono eseguite nel territorio urbanizzato e urbanizzabile del Comune, sulla base delle ulteriori indagini geognostiche e geofisiche eseguite per il PSC.

Gli studi espletati per il PSC di San Pietro in Casale e per gli altri Comuni dell'Unione Reno-Galliera, hanno infatti consentito un ulteriore approfondimento della liquefacibilità dei sedimenti, basato sulla ricostruzione paleogeografica del sottosuolo, sulle condizioni idrogeologiche locali (queste ultime già analizzate in sede di studi per il QC del PSC associato) e, infine sugli esiti di verifiche quantitative (da prove penetrometriche CPTE/CPTU e da esiti di prove triassiali cicliche di laboratorio). Per ogni delucidazione sugli esiti delle indagini, si rimanda alle Relazioni Geologiche e Sismiche redatte per il PSC; in questa sede, si riassumono soltanto gli elementi conclusivi che hanno permesso l'elaborazione di questo ulteriore aggiornamento.

3.1 La ricostruzione paleogeografica elaborata per il PSC

I dati geognostici di repertorio e gli esiti delle indagini eseguite per il PSC dei Comuni dell'Unione Reno-Galliera hanno consentito una migliore ricostruzione paleogeografica di sottosuolo fino a circa 20 metri di profondità, come ben descritto nelle Relazioni Geologiche e Sismiche redatte alle quali si rimanda per ogni delucidazione. In questa sede, si rammenta che il modello di sottosuolo ricostruito, ha modificato parzialmente quello già presentato per i primi 10 metri nei Comuni della <<Direttrice Nord>> (G. Viel, 1998), individuando anche gli alvei sepolti a profondità maggiori, di grande rilevanza anche per gli aspetti relativi alla risposta sismica locale.

Nelle aree interessate dagli studi di Microzonazione, l'andamento dei corpi granulari (paleoalvei) è stato ulteriormente affinato grazie agli esiti delle nuove indagini eseguite e, per la superficie, dall'interpretazione di foto aeree. I paleoalvei a cui si è riconosciuta continuità geografica sono stati cartografati e la figura 3.1 propone il quadro complessivo per il territorio dell'Unione. Sono state distinte i seguenti paleoalvei:

- *paleoalvei "Reno 1" e "Reno 2"* = comprendono inviluppi di paleocanali per lo

più sabbiosi, variamente sovrapposti e affiancati, non facilmente distinguibili, presenti nei primi 10 metri di sottosuolo (Reno 1). Entro i Comuni di Castel Maggiore e Argelato si sono riscontrati anche livelli con ghiaie e ciottoli. La figura 3.1 comprende in questa fascia anche i depositi granulari più profondi di alveo a barre "braided", rappresentati con buona continuità tra i 10 ed i 20 metri di profondità (Reno 2), spesso ghiaiosi nei Comuni di Castel Maggiore e Argelato; più a nord (Comuni di Castello d'Argile e Pieve di Cento), le prove eseguite e le stratigrafie note dimostrano ancora presenza di sabbie a profondità superiori a 10 metri, con potenze anche significative, ma la rarefazione dei punti di controllo è tale da non consentire ricostruzioni di qualche attendibilità.

- paleoalvei "Reno 3" e "Reno 4" = comprendono inviluppi di strutture sepolte del Reno, che a sud sono rilevati a quote comprese tra circa 4 metri e 10÷12 metri di profondità (Reno 3) e con potenze complessive di circa 4÷8 metri (Comuni di Castel Maggiore, Argelato e San Giorgio di Piano). Verso nord, la ricostruzione prosegue, comprendendo un principale inviluppo di canali sabbiosi anche più superficiali e attraversati fino a circa 12 metri (Comuni di San Pietro in Casale e Galliera); qui le tessiture risultano progressivamente più fini e caratterizzate da sequenze di minor spessore: ciò è legato allo spostamento verso ovest del Reno e i canali rappresentati costituivano, con probabilità, docce secondarie del Reno o di altri canali minori, caratterizzati da un difficile deflusso verso nord.
  La delimitazione proposta nella figura di sintesi comprende anche i paleoalvei sabbiosi più antichi, profondi e di età forse alto medioevale (Reno 4). Questi ultimi sono attraversati fino a circa 20÷22 metri (Castel Maggiore, Argelato). Verso nord, la rarefazione dei punti di controllo limita una ricostruzione accurata, sebbene si riscontrino depositi sabbiosi fino a 20 metri anche nei Comuni di San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale e anche Galliera (nella porzione più orientale, non riportati nella figura 3.1).
- *paleoalvei "Savena 1"* = (esterni al territorio di San Pietro in Casale) comprendono l'insieme di paleoalvei attribuibili con probabilità al Savena e caratterizzati da depositi sabbioso limosi. Le caratteristiche di questi depositi sono diverse da quelle degli alvei del Reno: in questo caso le minori portate complessive ed anche il diverso bacino montano (per geologia ed ampiezza) non hanno consentito la formazione di strati di sabbie di spessore superiore al metro. Si hanno comunque ancora poche informazioni di sottosuolo.

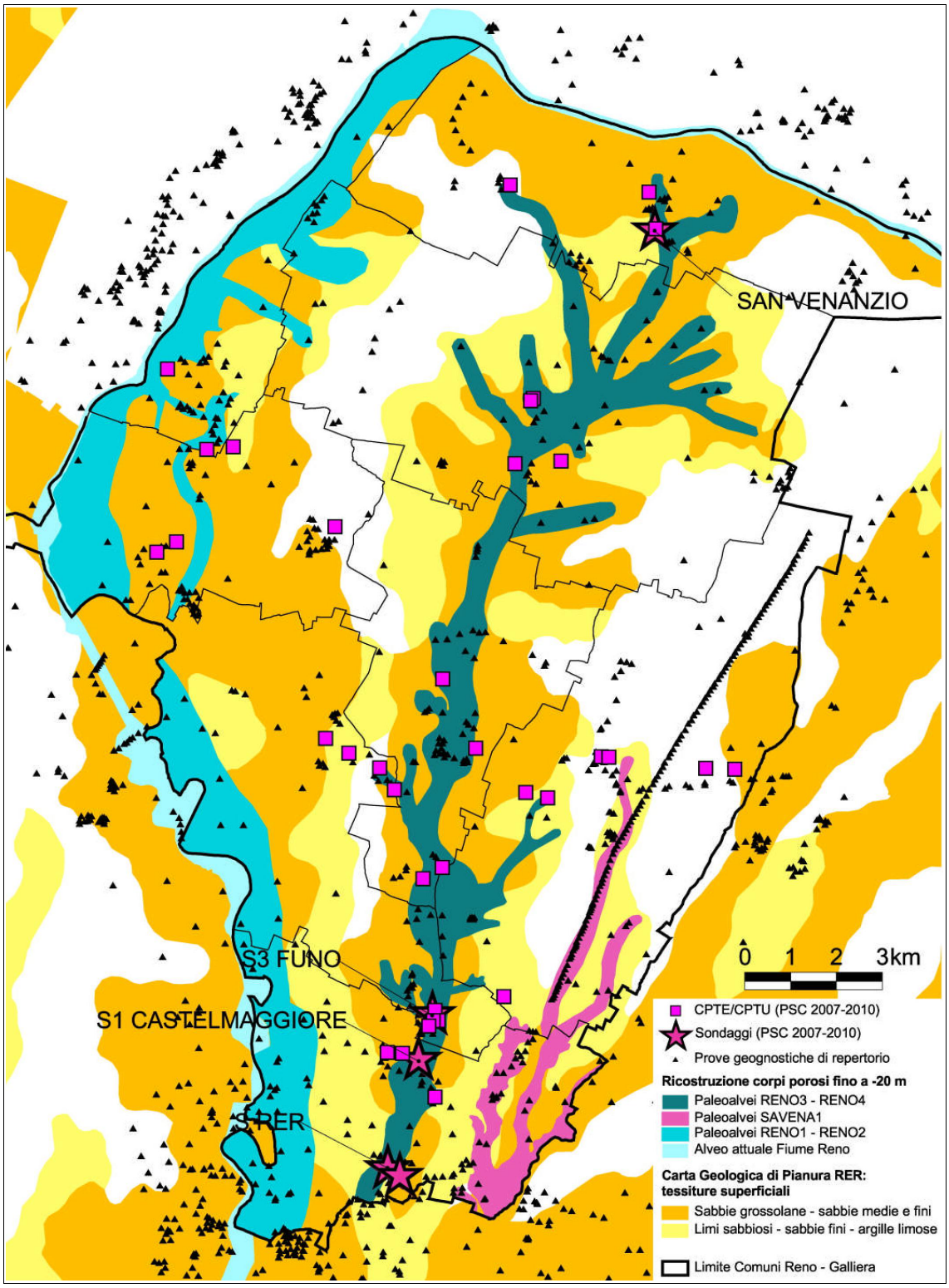


Figura 3.1 – Ricostruzione di sintesi dei corpi porosi fino a 20 metri di profondità

Dal punto di vista deposizionale, i limiti laterali dell'insieme dell'alveo sono costituiti dagli "argini naturali", cioè rilievi determinati dai depositi sabbiosi stessi del fiume. All'interno dell'alveo è riconoscibile: l'alveo attivo (nei cui canali scorre l'acqua di morbida e, durante le piene, si raggiungono le maggiori velocità della corrente) e l'alveo di bankfull (in cui scorre l'acqua durante le piene biennali).

L'alveo presenta, quindi, varie zone in cui la velocità e l'entità della corrente fluviale assumono diverse grandezze, la sedimentazione registra queste diversità con le sue tessiture e strutture. Nel nostro caso, l'ampiezza degli alvei fossili del Reno, valutabile tra Castel Maggiore e San Giorgio di Piano, sulla base di una buona densità di prove geognostiche, è mediamente variabile attorno ai 300 metri. Sono naturalmente presenti zone di espansione, rotte e sormonti che hanno consentito l'invasione della pianura circostante, ma i maggiori spessori di sedimenti granulari si concentrano, ovviamente, nell'area di persistenza nel tempo dell'alveo nel suo insieme.

3.2 La pericolosità legata alla liquefacibilità dei sedimenti

L’analisi della pericolosità di liquefazione affrontata negli studi per i PSC dei Comuni dell’Unione Reno–Galliera ha consentito di proporre una classificazione di pericolosità ancora generale e preliminare, fondata sulla ricostruzione paleogeografica del sottosuolo e sugli esiti delle analisi quantitative della liquefacibilità.

La figura 3.2 offre una sintesi degli esiti di liquefacibilità ricavati dalle verifiche: essa riporta i limiti degli inviluppi sabbiosi e le prove penetrometriche CPTE/CPTU eseguite per lo studio, per le quali è stato possibile effettuare una verifica della liquefacibilità secondo l’approccio quantitativo precedentemente descritto (Robertson & Wride, 1998). Le prove sono rappresentate con un differente colore a seconda dell’esito ottenuto: in verde sono riportate le CPTE/CPTU senza evidenze di liquefazione mentre in rosso le indagini che hanno riscontrato intervalli liquefacibili significativi (Fs <1). Le prove in verde sono state realizzate all’esterno dei paleoalvei sabbiosi, peraltro consentendo una migliore delimitazione degli stessi.

La figura 3.2 localizza anche le terebrazioni a carotaggio continuo eseguite per lo studio, evidenziate sempre con il colore rosso (con tessiture predisponenti alla liquefazione e/o esiti CTXS (prove triassiali cicliche di laboratorio) che dimostrano possibilità di liquefazione per sismi di magnitudo M = 5,5.

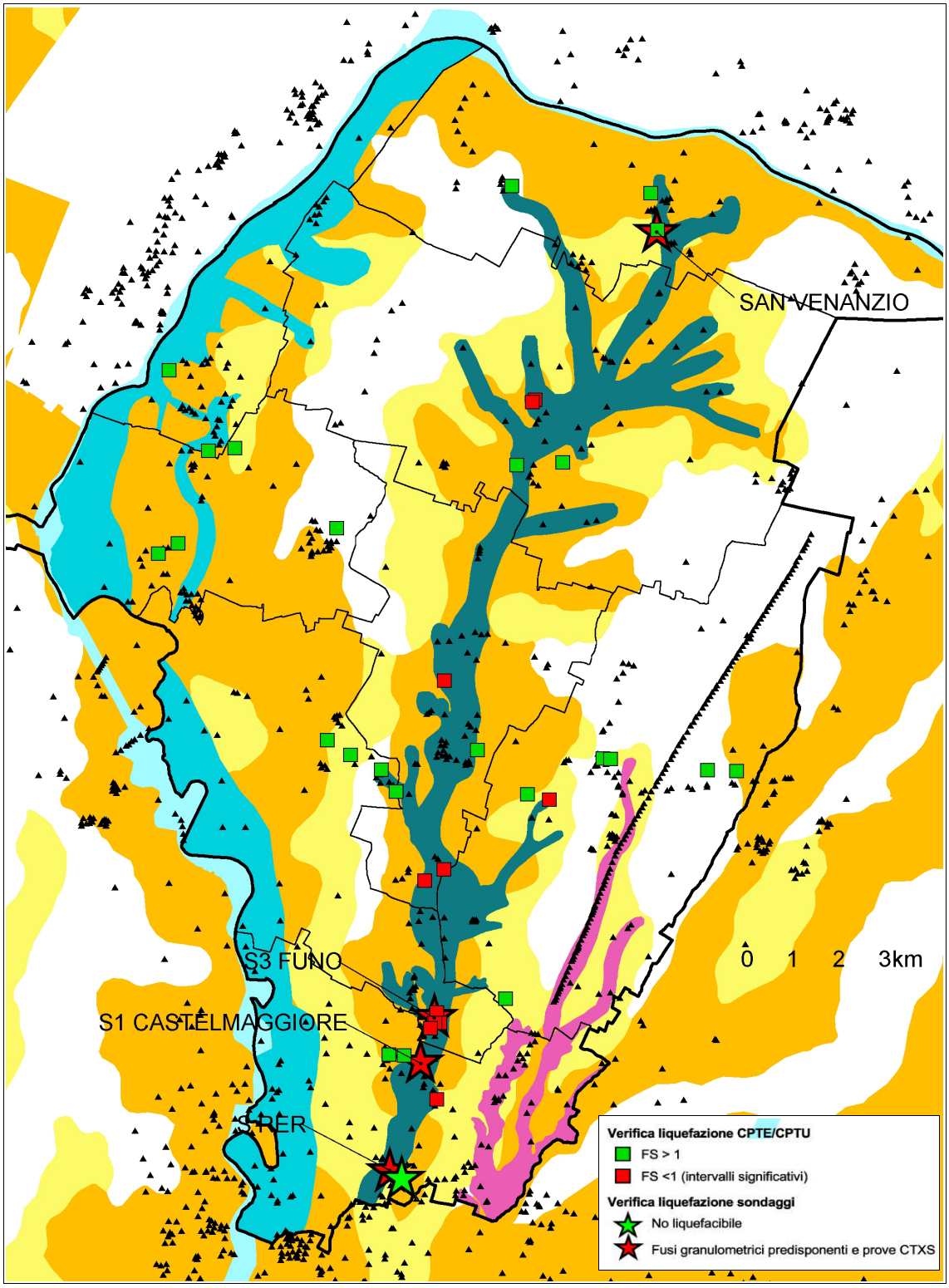


Figura 3.2 - Sintesi delle verifiche di di liquefazione espletate per i PSC dei Comuni dell'Unione Reno-Galliera (prove CPTE/CPTU e prove triassiali cicliche di laboratorio)

3.3 Le aree omogenee di pericolosità sismica

L'ulteriore approfondimento della pericolosità sismica, rispetto a quanto evidenziato nel QC del PSC associato, ha interessato la porzione di territorio comunale urbanizzato e urbanizzabile, cioè dove si concentrano maggiormente le informazioni di sottosuolo pregresse; nelle nuove aree di previsione si sono maggiormente concentrate le nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite per il PSC. Si sono dunque individuate le aree nelle quali sono stati ben accertati i sedimenti granulari potenzialmente liquefacibili, secondo classi alle quali viene attribuito un diverso grado di pericolosità. La tavola 1a/b – Pericolosità sismica – rielaborata in occasione della Variante al PSC in materia di rischio sismico, ha pertanto individua le aree suscettibili di effetti locali nel territorio comunale studiato, accorpate nelle seguenti aree omogenee:

I ≡ *elevata possibilità di liquefazione e di cedimenti significativi* → corrispondono alle situazioni in cui sono presenti sedimenti sabbiosi saturi in strati singoli e/o amalgamati, di potenza anche molto significativa – anche oltre 4÷6 metri – e situati a profondità fino a circa 15 metri. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L2" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA);

II ≡ *possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessore da controllare* → corrispondono alle situazioni in cui risultano segnalate sabbie pulite e/o sabbie con abbondante matrice fine nei primi 15 metri di sottosuolo, con spessori generalmente compresi tra 1÷4 metri. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L2" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA);

III ≡ *liquefazione poco probabile* → corrispondono alle situazioni in cui la presenza di tessiture granulari è verificata, almeno nei primi 10÷12 metri, spesso con abbondante matrice fine o con potenze degli strati molto inferiori al metro. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L2" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA);

L1 ≡ Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziale presenza di terreni predisponenti la liquefazione → corrispondono a situazioni in cui vi può essere una potenziale presenza di sabbie prevalenti, sulla base di esiti diretti ricavati da prove geognostiche eseguite in aree limitrofe a quelle di interesse; queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L1" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA)

C ≡ area con propensione alla liquefazione non riscontrata, soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti → queste aree risultano

equivalenti dal punto di vista normativo alle aree “C” definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA).

La tavola 1a/b distingue quali aree suscettibili di effetti locali in caso di sisma necessitino di un’analisi semplificata (secondo livello) e quali di esse necessitino di analisi più approfondite (terzo livello).

La Tavola 1a/b sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000 precedentemente elaborata in sede di Piano Strutturale Comunale (Tav. 1 – Microzonazione sismica).

4 La Tavola 2a/b (scala 1/5.000): la Microzonazione sismica semplificata

4.1 L'aggiornamento dello studio di Microzonazione

La “Tavola 2a/b – Microzonazione Sismica semplificata” del Comune di San Pietro in Casale, riporta gli esiti della Microzonazione Sismica semplificata (“secondo livello” di approfondimento), così come richiesto dalla DAL n.112/2007. Quest'ultima revisione, rispetto a quanto già elaborato in sede di studi per il PSC, ha permesso di:

- omogeneizzare per tutti i Comuni dell'Unione e per il Comune di Malalbergo le zone di eguale risposta sismica;
- rivedere le sigle delle zone, in quanto non si è più tenuto conto della “categoria di sottosuolo” desunta dalle NTC 2008 (era stata implementata nella Microzonazione per meglio evidenziare le porzioni di territorio in cui le Vs equivalenti (Vs30) risultavano <180 m/s o al limite con la categoria D);

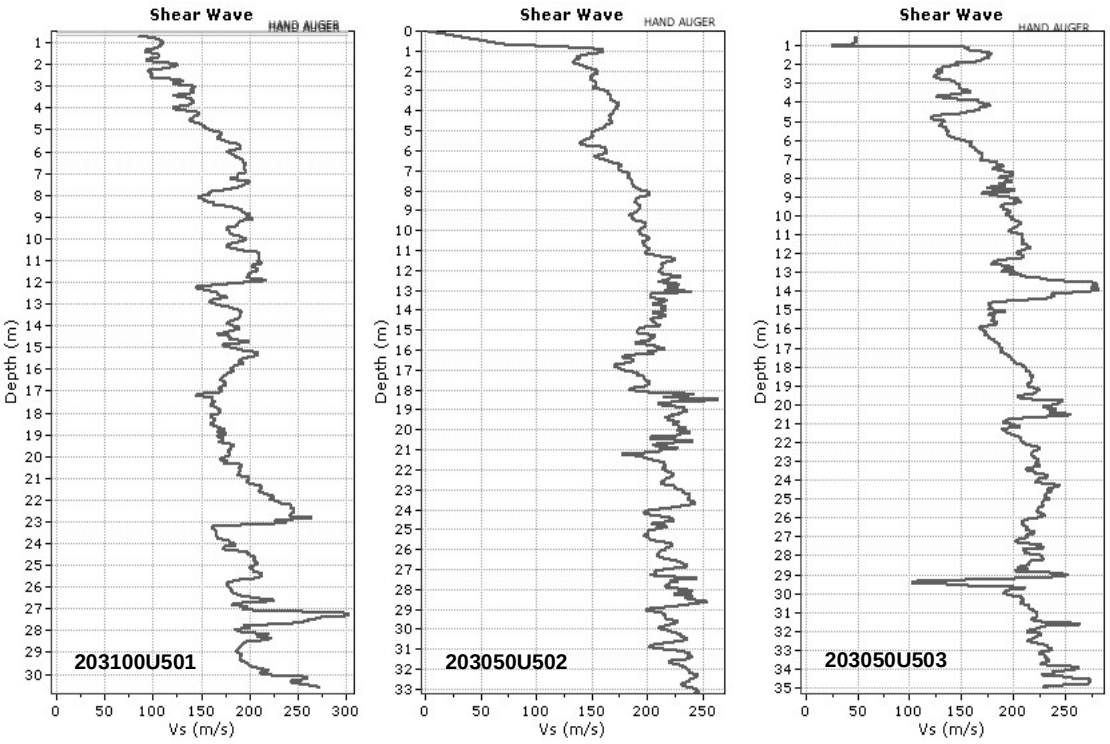


Figura 3.3 – Distribuzione delle Vs ricavate dagli esiti delle prove CPTU d'archivio RER

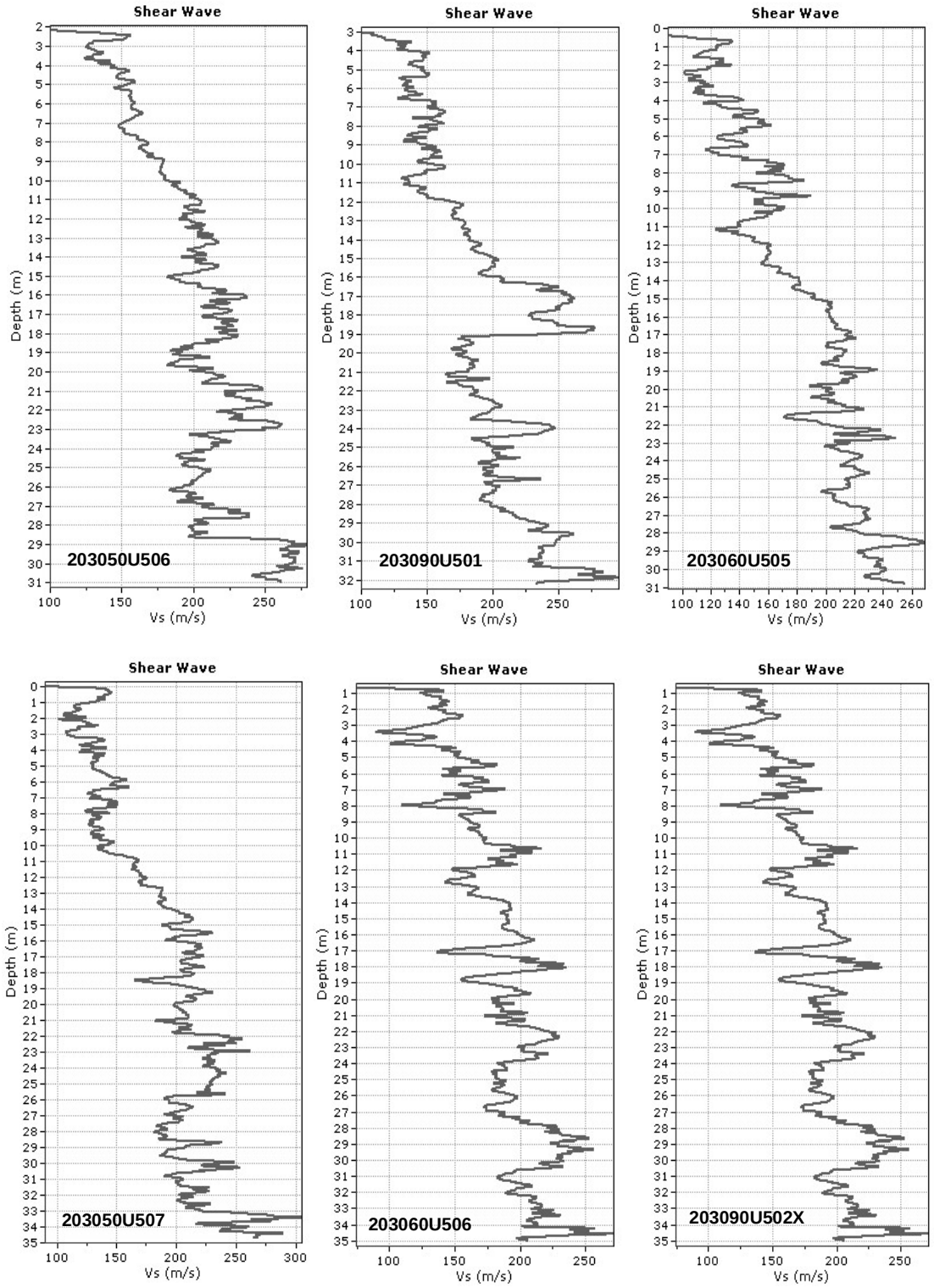


Figura 3.3bis – Distribuzione delle Vs ricavate dagli esiti delle prove CPTU d'archivio RER

- rivedere i limiti dello studio di Microzonazione, sulla base della cartografia e dei perimetri aggiornati delle aree urbanizzate e urbanizzabili. In particolare, per il Comune di San Pietro in Casale, è stato aggiunto nella MS tutto il territorio urbanizzato e urbanizzabile, comprendendo anche le frazioni minori, infine si sono apportate ulteriori modifiche ai perimetri delle aree già studiate in sede di PSC.

La Tavola 2 a/b sostituisce la corrispondente cartografia alla scala 1/5.000 precedentemente elaborata in sede di Piano Strutturale Comunale (Tav. 1 – Microzonazione sismica).

Per la frazione di Massumatico e l'area “ex Zuccherificio”, si è potuto disporre dei dati numerici di tre ulteriori prove CPTU pubblicati dalla Regione Emilia-Romagna (203100U501; 203050U502; 203050U503), così come per le frazioni Poggetto (203050U506), S. Benedetto (203090U501), Maccaretolo (203060U505) e, infine, per lo stesso Capoluogo (203090U502X; 203060U506; 203050U507).
Le figure 3.3 e 3.3bis riportano le distribuzioni delle velocità delle onde di taglio nei sedimenti desunte per le CPTU profonde desunte dalla Banca Dati RER. La stima della Vs è basata sulla determinazione del Modulo di taglio espresse dalle seguenti correlazioni:

Small strain shear Modulus, Go (MPa)

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

Shear Wave Velocity, Vs (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho}\right)^{0.50}$$

I dati numerici di queste ulteriori prove, profonde oltre 30 metri, hanno permesso la stima della Velocità delle onde di taglio equivalente (Vs30), richiesta per l'attribuzione dei parametri di risposta sismica locale semplificati ,che risultano rispettivamente:

203100U501 (zona “ex Zuccherificio”) → Vs30 = 181 m/s
203050U502 (frazione Massumatico) → Vs30 =196 m/s
203050U503 (frazione Massumatico) → Vs30 =187 m/s
203050U506 (frazione Poggetto) → Vs30 =202 m/s
203090U501 (frazione S. Benedetto) → Vs30 =191 m/s
203060U505 (frazione Maccaretolo) → Vs30 =188 m/s
203050U507 (Capoluogo) → Vs30 =185 m/s
203060U506 (Capoluogo) → Vs30 =190 m/s
203090U502X (Capoluogo) → Vs30 =174 m/s

La Microzonazione Sismica semplificata è stata elaborata sulla base:

1. del macro contesto geologico → per San Pietro in Casale: "*Pianura 2" (*Pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie – di spessore anche decine di metri - con substrato profondo ≥ di 100 metri da piano campagna);
2. della risposta sismica locale semplificata → secondo la stima di coefficienti di amplificazione (PGA/PGA_0 e SI/SI_0 per gli intervalli 0,1-0,5 s e 0,5-1 s), fondata sulla distribuzione delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo (Vs 30) e sugli esiti definiti dagli abachi riportati nella DAL n° 112/2007(allegato 2). Per il territorio studiato di San Pietro in Casale si sono distinti con numero arabo i seguenti esiti di risposta sismica locale semplificata:

   3 ≡ FA (PGA) =1,5
   FA SI (0,1-0,5 s) =1,8
   FA SI (0,5-1 s) =2,5

4.2 Le Zone omogenee dal punto di vista sismico

In conclusione, la tavola 2 a/b individua cartograficamente, nel territorio studiato di San Pietro in Casale, le seguenti microzone con caratteristiche "omogenee" dal punto di vista sismico (amplificazione e classi di propensione alla liquefazione, queste ultime derivate dagli approfondimenti già riportati nella Tavola 1 a/b), indicando per ognuna di esse se risultano subordinate o meno allo svolgimento di ulteriori indagini di "terzo livello":

ZONA 3

Liquefazione: non si riscontrano sedimenti liquefacibili nei primi 15 metri di sottosuolo.

Fattori di amplificazione locale semplificata: FA(Pga) =1,5 FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5.

Analisi e approfondimenti: non sono richiesti particolari approfondimenti di carattere sismico; non si richiedono prove penetrometriche CPTU preventive. Se le indagini puntuali riscontrassero sedimenti potenzialmente liquefacibili lo studio dovrà prevedere ulteriori verifiche quantitative seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3).

ZONA L1-3

Liquefazione: liquefazione potenziale da verificare. Corrisponde a situazioni in cui vi può essere una potenziale presenza di sabbie prevalenti, sulla base di esiti diretti ricavati da prove geognostiche eseguite in aree limitrofe a quelle di interesse. Queste aree risultano equivalenti dal punto di vista normativo alle aree "L1" definite dal PTCP (§ art.6.14 delle NTA)

Fattori di amplificazione locale semplificata: FA(Pga) = 1,5 FA SI (0,1s÷0,5s) = 1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) = 2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL 112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

ZONA III-3

Liquefazione: possibilità di liquefazione poco probabile. A questa Zona corrispondono situazioni in cui la presenza di tessiture granulari è verificata, almeno nei primi10÷12 metri, spesso con abbondante matrice fine o con potenze degli strati molto inferiori al metro. Si tratta comunque di sedimenti in cui occorre verificare la propensione effettiva alla liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo ≥5,5.

Fattori di amplificazione locale semplificata: (Pga) =1,5 FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

ZONA II-3

Liquefazione: possibilità di liquefazione con cedimenti, tessiture e spessori da controllare. A questa Zona corrispondono situazioni in cui risultano presenti sabbie e/o sabbie con abbondante matrice fine nei primi 10÷12 metri di sottosuolo, con spessori generalmente compresi tra 1 ÷ 4 metri. Si tratta di sedimenti in cui è possibile che avvenga liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo ≥5,5.

Fattori di amplificazione locale semplificata: FA(Pga) =1,5 FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

ZONA I-3

Liquefazione: possibilità di liquefazione e di cedimenti significativi. A questa zona corrispondono situazioni in cui sono presenti sedimenti sabbiosi saturi in strati singoli o amalgamati, di potenza anche molto significativa (potenti anche oltre 4÷6 metri) e situati a profondità da superficiali fino circa -15 metri. Si tratta pertanto di sedimenti in cui la possibilità che avvenga liquefazione, sotto impulsi ciclici dotati di magnitudo ≥5,5 è molto elevata. E' inoltre possibile che si verifichino cedimenti significativi anche nelle costruzioni di normale impegno.

Fattori di amplificazione locale semplificata: FA(Pga) =1,5 FA SI (0,1s÷0,5s) =1,8 FA SI (0,5s÷1,0s) =2,5.

Analisi e approfondimenti: sono richiesti approfondimenti quantitativi della liquefacibilità e dei cedimenti post sisma (III livello conoscitivo) seguendo le procedure indicate nell'Appendice del RUE e in coerenza con i contenuti della DAL n°112/2007 (allegato 3). A tal fine è opportuno espletare anche un approfondimento relativamente al contesto idrogeologico locale (stima delle soggiacenze minime).

La Tavola 2 a/b consente dunque di identificare in quale microzona sismica ricade ogni porzione di territorio urbanizzato urbanizzabile del Comune e individuare dove risulterà necessario espletare ulteriori indagini più approfondite, dal punto di vista dell'analisi di pericolosità sismica, in coerenza con la specifica normativa vigente (DAL n.112/2007; art. 6.14 del PTCP; Norme e indirizzi operativi in materia sismica elaborati per il PSC in forma associata; Norme del PS comunale e Appendice al RUE con i criteri applicativi per gli approfondimenti).

5 L'archivio delle indagini geognostiche e geofisiche di riferimento

Un ulteriore aggiornamento dello studio geologico e sismico espletato per questa Variante specifica è consistito nel predisporre un nuovo archivio cartaceo delle prove geognostiche e geofisiche di riferimento per questo lavoro.

Le cartografie alla scala 1/5.000 (Tavole 1 a/b e Tavole 2 a/b) riportano le prove di riferimento identificate con una sigla univoca:

- per le prove desunte dalla Banca Dati RER, si riporta il codice regionale già attribuito;
- per le prove che costituiscono l'archivio del Comune di San Pietro in Casale, si è invece attribuito un nuovo codice che consente in modo più agevole di accedere ai dati cartacei (diagrammi) delle prove pubblicate per questo lavoro (riscontrabili nell'allegato <<Archivio prove geognostiche e geofisiche di riferimento>>). Il nuovo codice è formato da un numero progressivo che si riferisce al singolo lavoro o studio (ad esempio, le prove eseguite per il PSC sono state archiviate con n. progr. “1”), alla sigla del Comune; alla sigla della fonte d'archivio (es. “psc” per le prove effettuate per il PSC; “rep” per le prove recuperate da altre Relazioni Geologiche); infine, dalla sigla della prova utilizzata nella fonte.

I principali grafici delle prove di riferimento sono state raccolte nell'allegato <<Archivio prove geognostiche e geofisiche di riferimento>> e possono essere consultati e utilizzati anche per gli ulteriori studi geologici sismici e di caratterizzazione geotecnica nel territorio comunale urbanizzato/urbanizzabile.

6 Normativa in materia di rischio sismico e criteri applicativi per gli approfondimenti

Il PSC di San Pietro in Casale assume la normativa sismica rivista in sede di adeguamento del PSC associato ("Variante in materia di rischio sismico"), redatta sulla base degli aggiornamenti cartografici apportati nelle seguenti cartografie:

- "Tavola A" alla scala 1/25.000 (<<Zonizzazione sismica>>)
- "Tavola 1 a/b" alla scala 1/5.000 (<<Pericolosità sismica – Tavola comunale delle aree suscettibili di effetti locali>>)
- "Tavola 2 a/b" alla scala 1/5.000 (<<Microzonazione sismica semplificata>>)

Il PSC prevede, inoltre, la stesura di una specifica appendice al RUE allo scopo di fornire i criteri applicativi necessari per gli ulteriori approfondimenti sismici ("terzo livello" conoscitivo). L'appendice avrà lo scopo di indicare i criteri di base per affrontare gli approfondimenti sismici nel territorio comunale, nelle successive fasi di pianificazione e/o negli interventi diretti più significativi, sulla base del contesto di pericolosità sismica locale e in particolare sulla base delle effettive condizioni di liquefacibilità dei sedimenti. L'appendice ha dunque l'intento contribuire alla progressiva riduzione della vulnerabilità sismica degli edifici e dei manufatti presenti nel proprio territorio comunale, e di agevolare la programmazione delle future indagini che i Professionisti incaricati (Geologi e Progettisti) dovranno adeguatamente prevedere per affrontare le opportune verifiche sismiche.