



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FERRARA
Via G. Saragat, 1 – 44100 FERRARA

&



CONSORZIO FERRARA RICERCHE
Via G. Saragat, 1 – 44100 FERRARA

Contratto di Ricerca
Comune di Ferrara - Servizio Pianificazione Urbanistica
Consorzio Ferrara Ricerche

***“VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE AREE EDIFICATE
ED EDIFICABILI DEL PSC DEL COMUNE DI FERRARA”***

Università degli studi di Ferrara
Dipartimento di Ingegneria
Gruppo Geotecnico:
Prof. Ing. Vincenzo Fioravante
Ing. Daniela Giretti



1. INTRODUZIONE	3
2. RICHIAMI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	5
3. RICHIAMI NORMATIVI	7
3.1 <i>NORMATIVA TECNICA NAZIONALE</i>	7
3.2 <i>QUADRO NORMATIVO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA</i>	10
4. PRIMA FASE DI ANALISI.....	14
4.1 <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO DEL TERRITORIO</i>	14
4.2 <i>SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE</i>	21
5. SECONDA FASE DI ANALISI.....	26
5.1 <i>PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DISPONIBILI</i>	26
5.2 <i>ELABORAZIONI</i>	27
5.2.1 <i>Classificazione litologica dei terreni</i>	27
5.2.2 <i>Determinazione del moto sismico di riferimento per il territorio analizzato</i>	31
5.2.3 <i>Definizione dei fattori di amplificazione sismica dalle prove penetrometriche</i>	36
5.2.4 <i>Valutazione della suscettibilità dei terreni a manifestare cedimenti indotti da sisma dalle prove penetrometriche</i>	50
6. SINTESI DEI RISULTATI.....	53
7. CONCLUSIONI	54
ALLEGATI	68



1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la “valutazione del rischio sismico delle aree edificate ed edificabili del PSC del Comune di Ferrara”.

Le attività di studio, oggetto di una convenzione fra l’Amministrazione Comunale di Ferrara ed il Consorzio Ferrara Ricerche, sono state svolte dal Gruppo Geotecnico della Facoltà di Ingegneria dell’Università degli Studi di Ferrara e hanno avuto l’obiettivo di definire la pericolosità sismica locale delle aree urbanizzate ed urbanizzabili del territorio comunale, secondo quanto previsto dalle recenti disposizioni normative (O.P.C.M. 3274/2003, D.M. 14/09/2005, Delibera Regionale 1677-2005, Delibera Regionale 102-2007, D.M. 14/01/2008).

Sono state condotte due fasi di approfondimento: la prima mirata all’identificazione delle parti del territorio comunale urbanizzato ed urbanizzabile potenzialmente suscettibili di effetti di sito; la seconda finalizzata a quantificare puntualmente l’effettivo grado di pericolosità sismica locale, sulla base dei risultati di 495 prove penetrometriche statiche fornite dal Committente.

Le attività di ricerche sono state articolate come segue:

- i. analisi ed interpretazione delle carte geologiche, geomorfologiche, litologiche e geotecniche relative al territorio comunale;
- ii. elaborazione della *carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali*, rappresentativa della potenziale pericolosità sismica locale dei terreni presenti nel territorio studiato;
- iii. elaborazione della *carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica*, di indirizzo per la pianificazione territoriale ed urbanistica, rappresentativa delle aree



- suscettibili di effetti di sito per le quali si ritengono necessarie ulteriori analisi di approfondimento;
- iv. interpretazione delle prove penetrometriche statiche disponibili ed elaborazione di successioni stratigrafiche per ogni punto di indagine, al fine di individuare la sequenza dei litotipi presenti e di localizzare gli strati potenzialmente instabili;
 - v. valutazione, per ogni verticale di indagine, del fattore di amplificazione del moto sismico;
 - vi. verifica, per ogni verticale di indagine, della suscettibilità a liquefazione, secondo procedure di calcolo riconosciute nella letteratura geotecnica ed in accordo alle normative tecniche vigenti;
 - vii. valutazione, per ogni verticale di indagine, della suscettibilità dei terreni rinvenuti a manifestare eccessivi cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione indotti da sisma;
 - viii. elaborazione della *carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito*, identificativa delle aree del territorio urbanizzato ed urbanizzabile in cui le condizioni locali possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso, e/o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture;
 - ix. elaborazione di schede di sintesi, contenenti valutazioni locali di pericolosità sismica per le strutture insediative e per gli ambiti consolidati e di trasformazione del PSC comunale;
 - x. indicazioni sulle indagini di approfondimento da condurre nelle fasi di pianificazione subordinate al PSC, per raggiungere una più dettagliata definizione delle proprietà dinamiche dei terreni presenti negli ambiti di trasformazione.



2. RICHIAMI SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il fenomeno di vibrazione prodotto da un evento sismico in un sito è il risultato della propagazione a distanza dalla sorgente di onde di volume, che in profondità attraversano ammassi di roccia lapidea e in superficie interessano formazioni di terreni sciolti. I caratteri del moto sismico in un determinato sito dipendono quindi sia dal meccanismo focale del terremoto, sia dalle proprietà dei materiali interessati dalla propagazione delle onde sismiche.

Le onde sismiche interagiscono con le particolari condizioni locali (caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno e ammassi rocciosi, e proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono) e questa interazione determina una specifica *risposta sismica locale* (insieme delle modifiche in termini di ampiezza, frequenza e durata che un moto sismico subisce propagandosi attraverso un deposito di materiali sciolti e degli spostamenti indotti dal moto ondoso nel deposito stesso) rispetto a quella che si avrebbe in un sito di riferimento ideale (rigido con piano campagna orizzontale). Siti con differenti condizioni locali manifestano differenti risposte sismiche ad uno stesso terremoto, ovvero uno stesso sito risponde in maniera diversa a terremoti differenti. Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali vengono indicate come *effetti di sito*.

Gli effetti di sito possono riguardare sia i terreni a *comportamento sismico stabile*, i quali sotto le sollecitazioni dinamiche si mantengono lontani dalla rottura e sono soggetti a deformazioni permanenti limitate, sia i terreni a *comportamento instabile*, che viceversa giungono a rottura e si deformano permanentemente in maniera significativa.

Nel primo caso si parla di effetti:

- stratigrafici = amplificazione delle sollecitazioni e del moto sismico, dovuta a fenomeni di risonanza tra onde sismiche e terreni causati principalmente dal contrasto di rigidità tra un basamento roccioso ed i depositi di materiali sciolti sovrastanti;



- di bordo = risposta sismica ai margini di depositi di valle;
- topografici = modifiche delle caratteristiche del moto sismico causate da fenomeni di focalizzazione delle onde per effetto della configurazione topografica del terreno.

Nel secondo caso, per effetti di sito si intendono:

- liquefazione = riduzione della resistenza a taglio causata dall'aumento delle pressioni interstiziali in un terreno saturo granulare, tale da generare deformazioni permanenti significative o anche l'annullamento delle tensioni efficaci nel terreno;
- cedimenti per addensamento = cedimenti e deformazioni permanenti dei terreni a grana grossa non saturi causati dalle vibrazioni sismiche;
- cedimenti per riconsolidazione = cedimenti dovuti alla dissipazione delle sovrappressioni interstiziali che si accumulano in un terreno fine soffice e plastico durante uno scuotimento sismico;
- instabilità dei versanti = perdita di equilibrio di un versante dovuto all'incremento delle azioni destabilizzanti (forze di inerzia proporzionali all'accelerazione sismica) ed alla riduzione delle azioni resistenti (decadimento della resistenza a taglio ed accumulo di pressioni interstiziali).



3. RICHIAMI NORMATIVI

3.1 Normativa tecnica nazionale

Il D.M. 14/09/2005 “Norme tecniche per le costruzioni” (successivamente aggiornato e modificato dal D.M. 14/01/2008) in accordo e ad integrazione dell’O.P.C.M 3274/2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni”, definisce i criteri per la progettazione e la costruzione di opere interagenti con i terreni, delineando i requisiti che i terreni di costruzione devono soddisfare in presenza di azioni sismiche. Lo scopo delle norme è assicurare che in caso di terremoto sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile. Le NTC richiedono per i terreni presenti nei siti di costruzione di studiare e verificare l’occorrenza in caso di sisma di fenomeni quali instabilità di versante, liquefazione, eccessivo addensamento, rottura di faglia in superficie (*effetti di sito*).

Per quanto riguarda la sollecitazione sismica di progetto, la normativa nazionale individua quattro valori di accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento rigido (a_g/g) e fissano una macrozonazione sismica del territorio nazionale, dividendolo in quattro tipologie di zone sismiche, ad ognuna delle quali è assegnato un valore di a_g/g . I valori di a_g sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Vengono inoltre definite delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione e a ciascuna viene assegnato un coefficiente di amplificazione del segnale sismico (S). L’accelerazione massima attesa al piano campagna in condizioni di campo libero si ottiene moltiplicando a_g per il coefficiente di sito S.

- Categoria di suolo A: *formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione



superficiale di spessore massimo pari a 3 m.

- Categoria di suolo B: *depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti* con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media $N_{SPT} > 50$ ovvero coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).
- Categoria di suolo C: *depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensati o argille di media consistenza* con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
- Categoria di suolo D: *depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s ($N_{SPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa).
- Categoria di suolo E: *profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali* con valori di $V_{s,30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, posti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s,30} > 800$ m/s.
- Categoria di suolo S1: terreni che includono uno strato di almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto d'acqua, con $10 < c_u < 20$ kPa e caratterizzati da $V_{s,30} < 100$ m/s.
- Categoria di suolo S2: depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti la $V_{s,30}$ è velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, definita dalla seguente espressione:



$$V_{S,30} = 30 / \sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}$$

in cui si indica con h_{i0} spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità; con $V_{s,i}$ la velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, con N il numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base al valore del numero medio di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) nei terreni prevalentemente a grana grossa, o in base al valore medio della resistenza non drenata c_u nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per le categorie di sottosuolo da A ad E, le NTC forniscono una tabella attraverso la quale valutare i valori di riferimento del coefficiente di amplificazione stratigrafica S . Per i sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2, suggeriscono di predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

La suscettibilità alla liquefazione di un deposito di terreni sabbiosi dipende essenzialmente dalle caratteristiche geotecniche del sito e dalle caratteristiche della causa eccitatrice: le norme tecniche vigenti stabiliscono che la suscettibilità alla liquefazione venga verificata in tutti quei casi in cui il terreno di fondazione comprenda strati estesi o spesse lenti di sabbie sciolte, anche se contenenti una frazione limo-argillosa, e la falda freatica si trovi in prossimità del piano campagna. Per i depositi comprendenti terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione, le norme tecniche prescrivono la valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti tali terreni. Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in



cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica deve essere stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

3.2 *Quadro normativo della Regione Emilia Romagna*

In termini di pianificazione territoriale, le NTC chiamano gli Enti Locali a concorrere alla mitigazione del rischio sismico, effettuando analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione del territorio cui subordinare le previsioni contenute negli strumenti urbanistici. Tali previsioni devono risultare compatibili con le condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio evidenziate dalle analisi effettuate.

Con la delibera regionale 1677/2005 la giunta della Regione Emilia Romagna ha integralmente recepito il *D.M. 14/09/2005*. In data 2 maggio 2007, con deliberazione n. 112, l'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna, ha inoltre emanato un atto di indirizzo e coordinamento tecnico in merito agli studi di valutazione della risposta sismica locale e di microzonazione sismica del territorio: "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Lo scopo dell'atto di coordinamento tecnico è indirizzare l'attività pianificatoria degli Enti locali e individuare le modalità di svolgimento delle analisi volte alla valutazione della risposta sismica locale. In tale documento è ribadita l'importanza delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione ai fini della mitigazione del rischio sismico ed è sottolineato come lo studio della pericolosità locale debba essere volto:

- all'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi potrebbero verificarsi effetti di sito ed altri effetti locali;



- alla stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- alla suddivisione del territorio in sottozone a diversa risposta sismica locale.

L'atto di coordinamento tecnico rappresenta il documento di riferimento per la pianificazione territoriale ed urbanistica. Esso individua due fasi di analisi e tre livelli di approfondimento a cui svolgere gli studi di risposta sismica locale, a seconda delle finalità delle analisi, delle applicazioni e degli scenari di pericolosità.

La prima fase di analisi, o primo livello di approfondimento, deve essere mirato all'identificazione delle parti di territorio suscettibili di effetti locali, sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico svolti a scala territoriale. A tal scopo l'atto di coordinamento indica le più comuni condizioni locali che possono determinare effetti di sito in Emilia-Romagna.

La seconda fase (secondo e terzo livello di approfondimento) ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio, ovvero la valutazione dell'effettivo grado di pericolosità sismica locale, ed è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale. Per la valutazione quantitativa del fenomeno di liquefazione gli Indirizzi Regionali forniscono metodi specifici di calcolo ed elencano tutti i casi in cui è possibile escludere che si verifichi tale fenomeno, ovvero:

- Eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni free-field minori di 0.1g;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni free-field minori di 0.15g e terreni ricadenti in una delle seguenti categorie:
 - contenuto di fine superiore al 20% con indice di plasticità $IP > 10$;
 - contenuto di fine superiore al 35% e resistenza $N_1(60) > 20$;



- frazione fine trascurabile e resistenza $N_1(60) > 25$;

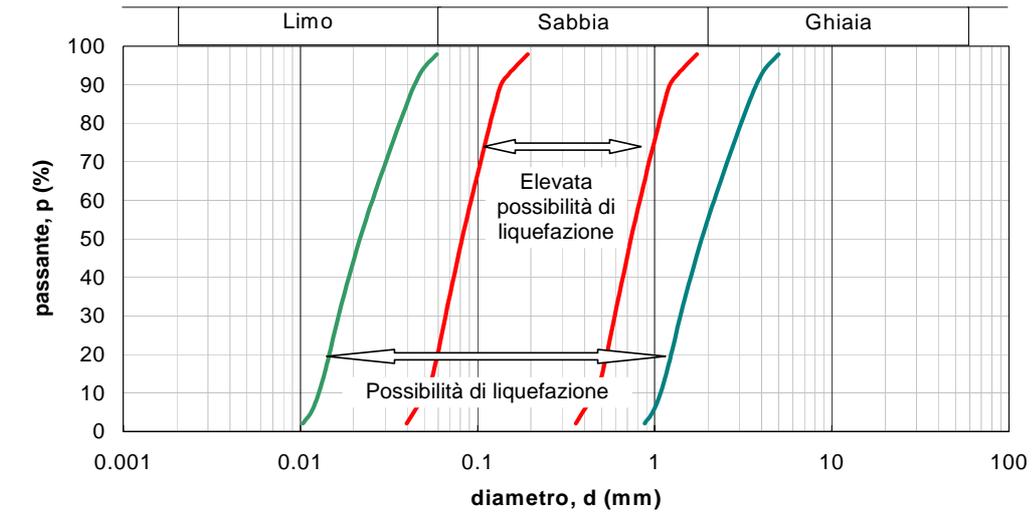
dove $N_1(60)$ valore della resistenza penetrometrica N_{SPT} misurato nel corso delle prova Standard Penetration Test, normalizzato secondo l'espressione:

$$N_1(60) = N_{SPT} \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

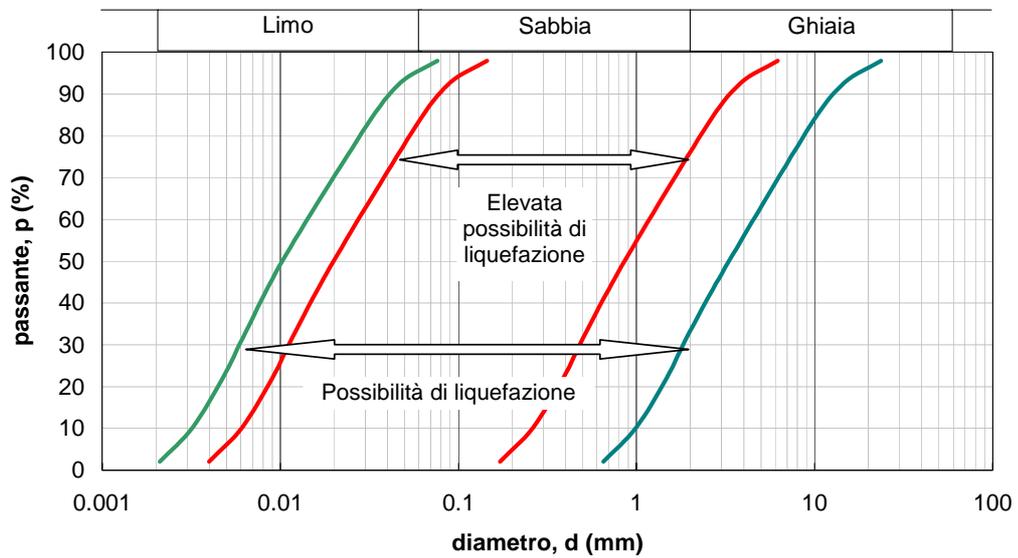
- Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 3.1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 3.1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.

Gli Indirizzi Regionali forniscono anche, per ogni comune della Regione Emilia-Romagna, i segnali di riferimento (a_g) per periodo di ritorno di 475 anni rappresentativi dello scuotimento atteso su suolo di riferimento rigido da utilizzare per la valutazione dell'azione sismica nelle varie aree del territorio regionale e per il calcolo degli effetti locali.

Per tenere conto delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche specifiche della Regione Emilia-Romagna, gli Indirizzi Regionali forniscono delle tabelle per la valutazione del fattore di amplificazione sismica F.A. (o coefficiente di sito) in funzione del profilo stratigrafico, ovvero del parametro $V_{S,30}$ definito precedentemente. Tali tabelle sono suddivise per i diversi ambiti geomorfologici, geologici, geotecnici che caratterizzano il territorio Regionale.



(a)



(b)

Figura 3.1 (a) e (b) – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità a liquefazione di un terreno



4. PRIMA FASE DI ANALISI

La prima fase di analisi, finalizzata all'identificazione delle parti di territorio suscettibili di effetti locali, è stata svolta attraverso l'analisi e l'interpretazione delle informazioni di tipo geologico, geomorfologico, litologico e geotecnico contenute nelle carte tematiche comunali e provinciali disponibili.

4.1 Inquadramento del territorio

Il territorio del comune di Ferrara si trova nella Pianura Padana, una depressione tettonica formatasi fra le Alpi e gli Appennini, quando tali catene montuose si sollevarono ed emersero dal mare in seguito a fenomeni orogenetici, e colmata da depositi di materiali sciolti di origine marina e fluvio-deltizia.

Nella pianura del comune di Ferrara, in superficie affiorano in modo uniforme sedimenti olocenici di piana alluvionale che si spingono in profondità per diversi di metri. Seguono, all'aumentare della profondità, depositi più antichi di piana deltizia o alluvionale, depositi fluvio-deltizi e litorali, depositi marini e infine la roccia vera e propria, variamente deformata e fratturata; gli ultimi depositi marini sono di tipo sabbioso, di spiaggia, a testimonianza del graduale colmamento del bacino. Le rocce più recenti sono rappresentate da accumuli detritici disordinati e caotici, in quello che era un golfo marino in subsidenza. Le rocce più antiche costituiscono una parte sepolta dell'Appennino (in particolare l'area oggetto di studio insiste su una serie di pieghe anticlinali associate a faglie, la cosiddetta Dorsale ferrarese, il cui movimento è la causa dei terremoti che si sono registrati nella zona).

I sedimenti olocenici superficiali (mediamente primi 20 metri di profondità), di interesse applicativo per la pianificazione territoriale, sono la conseguenza della fase di accumulo detritico di tipo prevalentemente fluviale, successiva alla completa emersione della pianura ferrarese.



La deposizione di tipo fluviale, avvenuta in modo non uniforme, ha avuto come conseguenza diretta una estrema eterogeneità granulometrica dei sedimenti, sia in senso verticale che areale, per cui l'assetto stratigrafico della zona risulta abbastanza complesso. In epoca olocenica e storica l'area oggetto di studio era interessata da una fitta rete idrografica, i cui corsi d'acqua erano liberi di espandere le proprie acque di piena nelle zone circostanti. Nelle sponde naturali dell'alveo e nelle aree immediatamente circostanti (aree di più alta energia idrodinamica) venivano depositati i materiali più grossolani trasportati in sospensione, mentre i sedimenti più fini si distribuivano lontano, nelle aree situate tra un alveo e l'altro (acque di esondazione caratterizzate da bassa energia di trasporto). Questo comportamento è confermato anche dall'assetto altimetrico della zona: il territorio del comune di Ferrara è caratterizzato da fasce di terreno più elevate, in corrispondenza dei corsi fluviali esistenti ed estinti (sedimenti grossolani meno compressibili) e da varie zone depresse (sedimenti fini maggiormente compressibili).

Nel territorio del comune si possono quindi distinguere entro i primi 20 m di profondità tre ambienti morfologici - deposizionali principali:

1. Ambiente dei paleoalvei, caratterizzato dalla presenza di corpi sabbiosi inclusi in macrostrati di terreni fini. Tali corpi sabbiosi, talvolta affioranti, spesso sepolti, si sviluppano linearmente seguendo i corsi degli alvei fluviali attivi o estinti; generalmente sono sormontati da decimetri di fanghi di chiusura dei canali.
2. Ambiente dei bacini interfluviali, costituito dalle aree di sedimentazione delle frazioni più fini. Tale ambito è caratterizzato dalla prevalenza di argille inorganiche, argille limose, limi argillosi laminati, argille organiche, con frequenti intercalazioni torbose.
3. Ambiente di transizione dalle zone di paleoalveo a quelle dei bacini interfluviali, caratterizzato da alternanze di materiali fini e lenti sabbiose.



I depositi di epoca olocenica superficiali insistono su depositi sabbiosi di età fine-Pleistocene/primo-Olocene (ambienti di steppa-taiga glaciale di media pianura) diffusi con continuità in tutto il territorio comunale e più superficiali a nord, dove il tetto delle sabbie glaciali si trova tra i 18 e i 25 m di profondità, più approfonditi a sud, dove il tetto si spinge fino a oltre 30 m.

Gli ambienti morfologici - deposizionali descritti sono ben evidenziati nella Carta Geologica di Pianura Provinciale (RER 1999) rappresentata, limitatamente al territorio comunale, in Figura 4.1. Le informazioni contenute nella carta sono sostanzialmente riferibili alla superficie; oltre alla caratterizzazione litologica dei depositi superficiali essa riporta la suddivisione in ambienti deposizionali. Nel territorio del Comune di Ferrara la carta evidenzia la presenza di:

- aree interfluviali e depositi di palude, caratterizzati da argille limose, argille e limi argillosi laminati;
- depositi di palude, caratterizzati da limi e limi argillosi;
- depositi di argine distale, caratterizzati da limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose;
- depositi di canale distributore e di argine, caratterizzati da sabbie da medie a fini;
- depositi di canale e argine prossimale, caratterizzati da sabbie medie e fini;
- depositi di piana a meandri, caratterizzati da sabbie medie e grossolane.

Sovrapponendo alla Carta Geologica, la Carta Geomorfologia Comunale (Bondesan 2003), come riportato in Figura 4.2, si ha conferma del fatto che la distribuzione areale dei diversi ambienti deposizionali è funzione della storia morfologica del territorio ferrarese. I materiali più grossolani (sabbie) sono concentrati nelle aree di paleoalveo e nelle loro immediate vicinanze, i terreni a grana fine si sono depositati invece nelle zone più distanti.

La distribuzione litologica dei sedimenti più superficiali (primi 80 cm dal piano campagna locale) è anch'essa legata alla dinamica delle divagazioni fluviali del reticolo idrografico che caratterizzava la zona. La Carta Comunale delle Litologie di Superficie (Bondesan 2003) rappresentata in Figura 4.3 evidenzia un'estrema variabilità dei litotipi affioranti e in generale una prevalenza di miscele equilibrate di argilla, sabbia, limo in corrispondenza dei paleoalvei, e delle argille e argille limose lontano da essi.

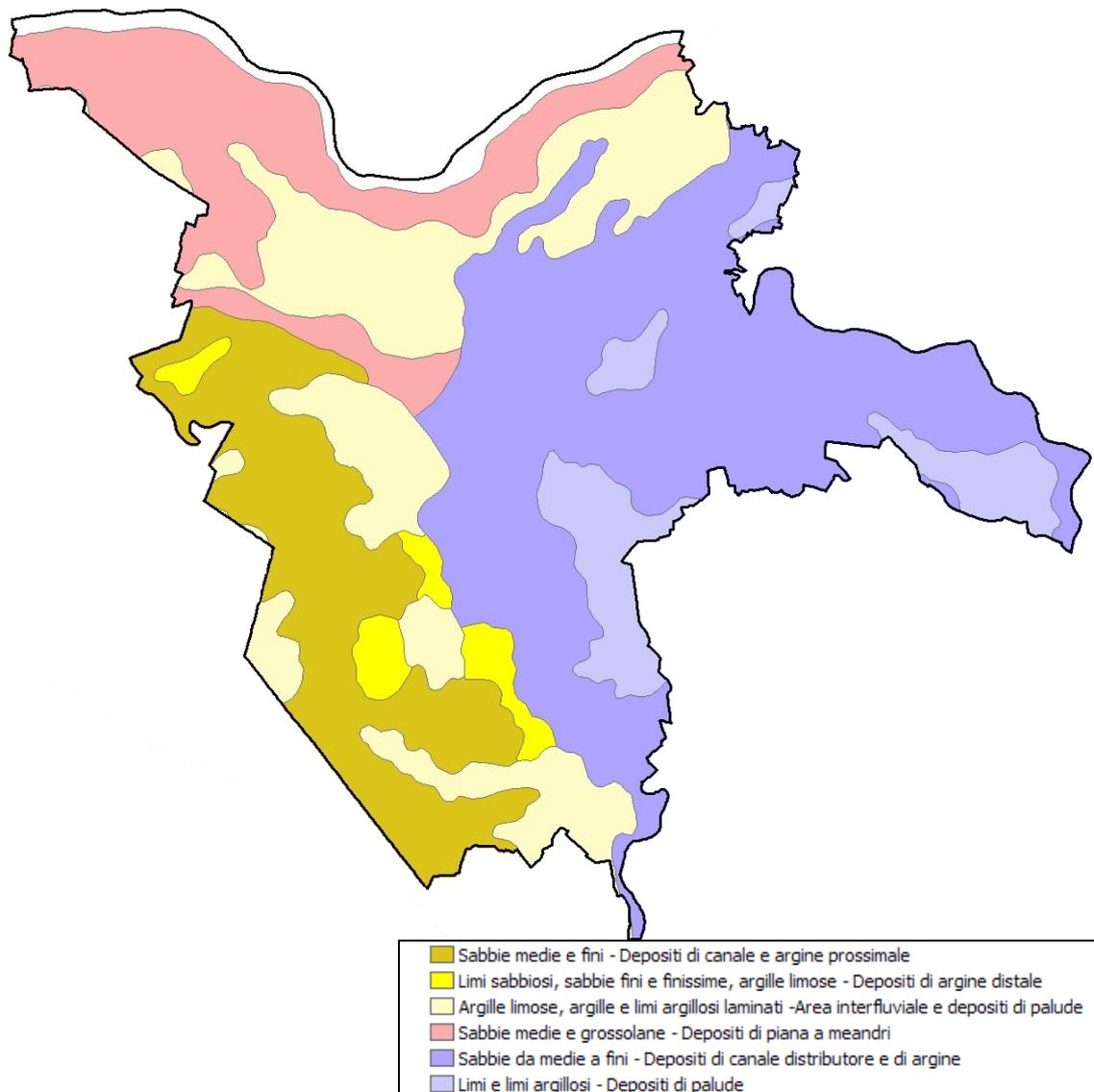


Figura 4.1 Stralcio della carta geologica di pianura (RER 1999)

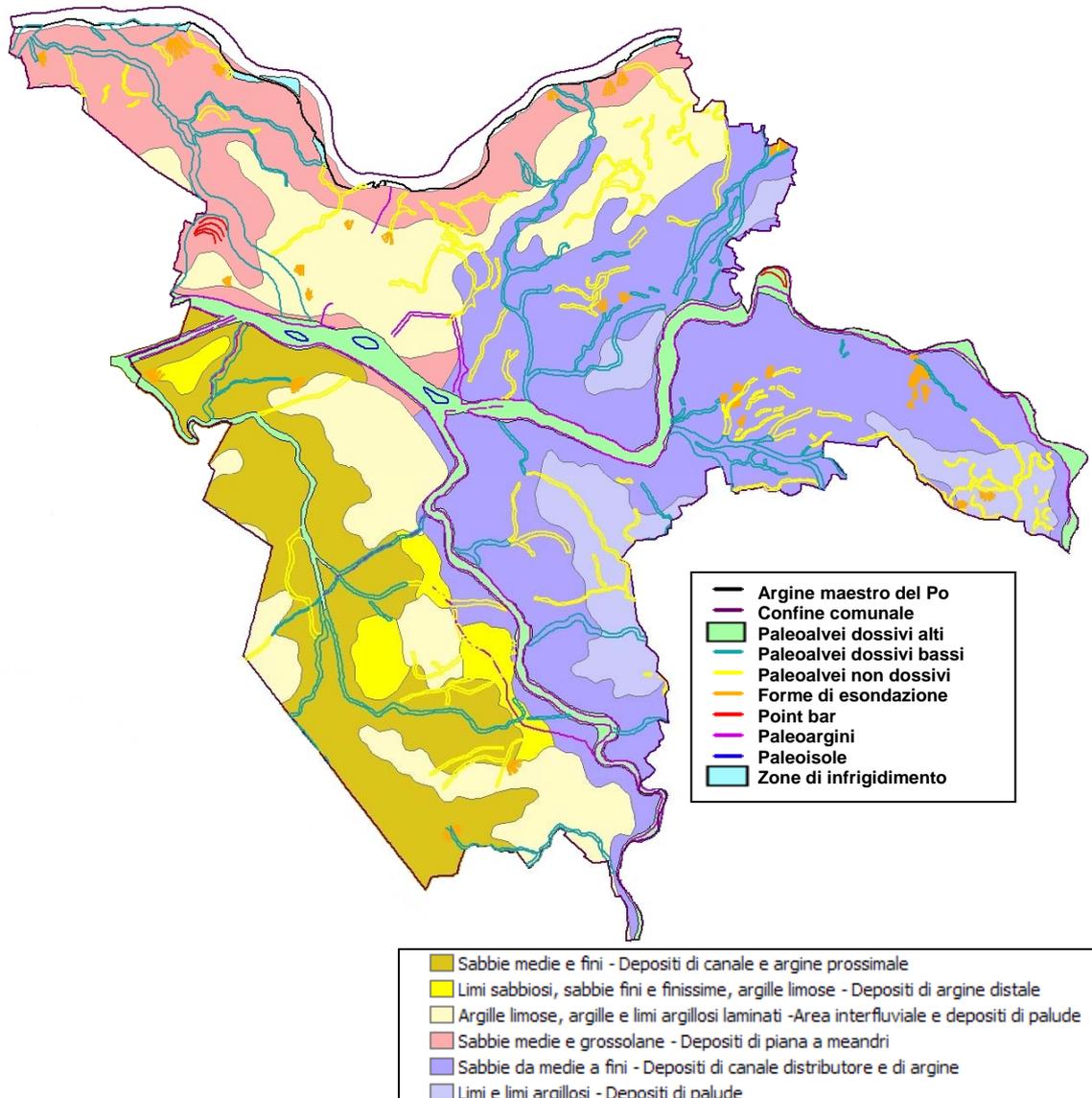


Figura 4.2 Sovrapposizione della carta geologica di pianura e della carta geomorfologica comunale (RER 1999, Bondesan 2003)

Dal punto di vista geotecnico, le caratteristiche meccaniche degli strati di terreno più superficiali sono state diffusamente studiate nel corso delle varie campagne geognostiche (sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche spinti fino a 10 m di profondità rispetto al piano campagna locale) effettuate negli ultimi decenni nell'ambito della redazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunali. Attraverso la determinazione del limite liquido, del limite plastico e del contenuto d'acqua naturale, i terreni studiati sono stati suddivisi in cinque classi di consistenza (DP Quadro Conoscitivo, Analisi Geologiche

Bondesan 2003): compatta (classe I), media (II), molle (III), molto molle (IV), inconsistente (V), come evidenziato nella Carta Geotecnica Schematica (Bondesan 2003), riportata in Figura 4.4. Dalla carta, rappresentativa di volumi di terreno a comportamento geotecnico simile, emerge che estese zone del territorio comunale sono caratterizzate in superficie da terreni molto compressibili (classi III, IV, V).

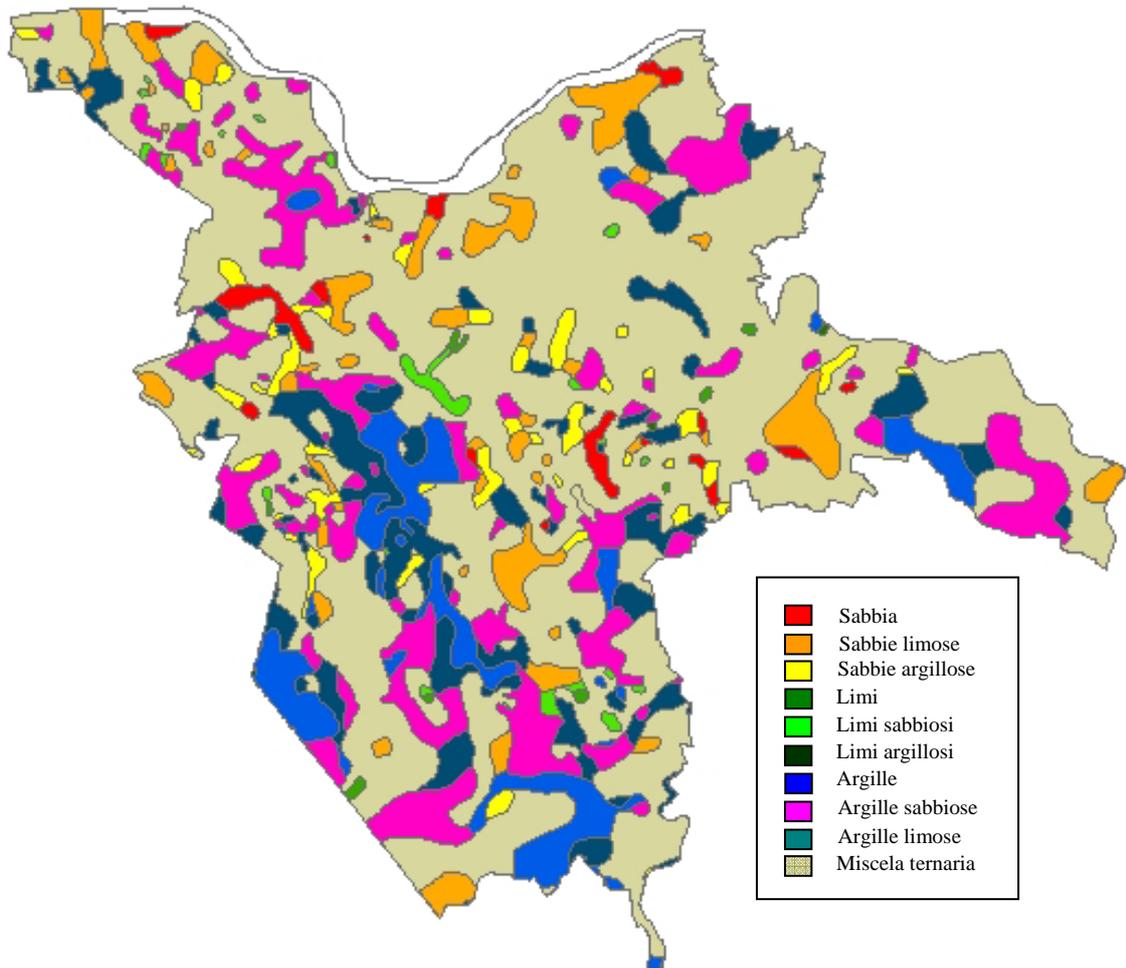


Figura 4.3 Carta comunale delle litologie di superficie (Bondesan 2003)

Infine, come evidenziato dalla Carta della profondità del tetto della falda freatica riportata in Figura 4.5 (Amministrazione Provinciale) e come confermato dalla relazione idrogeologica allegata al quadro conoscitivo del PSC del Comune (Gargini 2003), la falda freatica ha superficie libera sempre molto prossima al piano campagna. Generalmente presenta degli “alti” in corrispondenza dei paleoalvei, e dei “bassi” relativi in corrispondenza dai catini

interfluviali. Le escursioni della superficie libera tra periodo invernale e periodo estivo sono mediamente inferiori a 1 m. Come evidenziato nella relazione idrogeologica citata, la falda freatica, nella zona studiata, non è interpretabile come un corpo d'acqua continuo ma piuttosto come un insieme di corpi idrici, separati e fluenti nei litosomi sabbiosi e sabbio-limosi, separati da plaghe argillose o limoso-argillose ove è più corretto parlare di zona di saturazione e non di falda vera e propria.

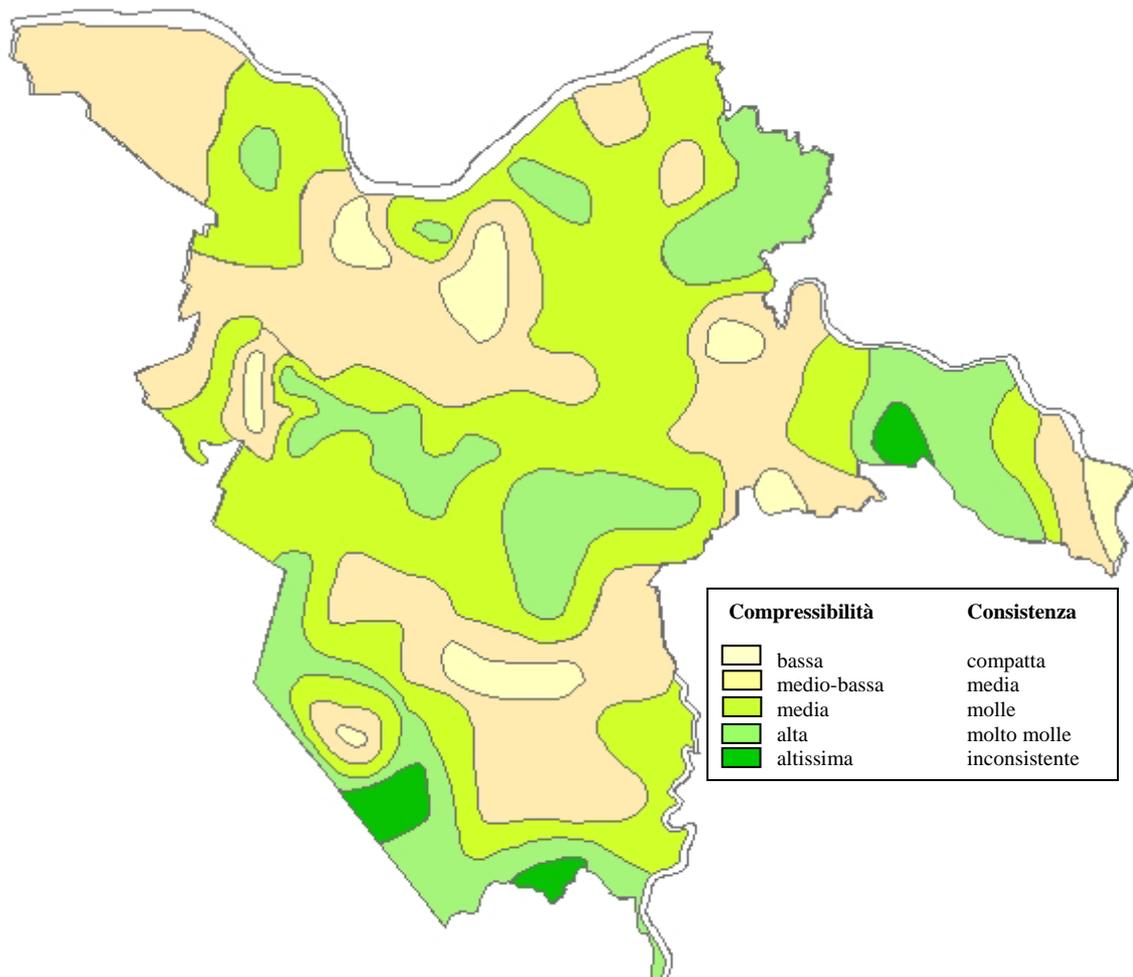


Figura 4.4 Carta geotecnica comunale (Bondesan 2003)

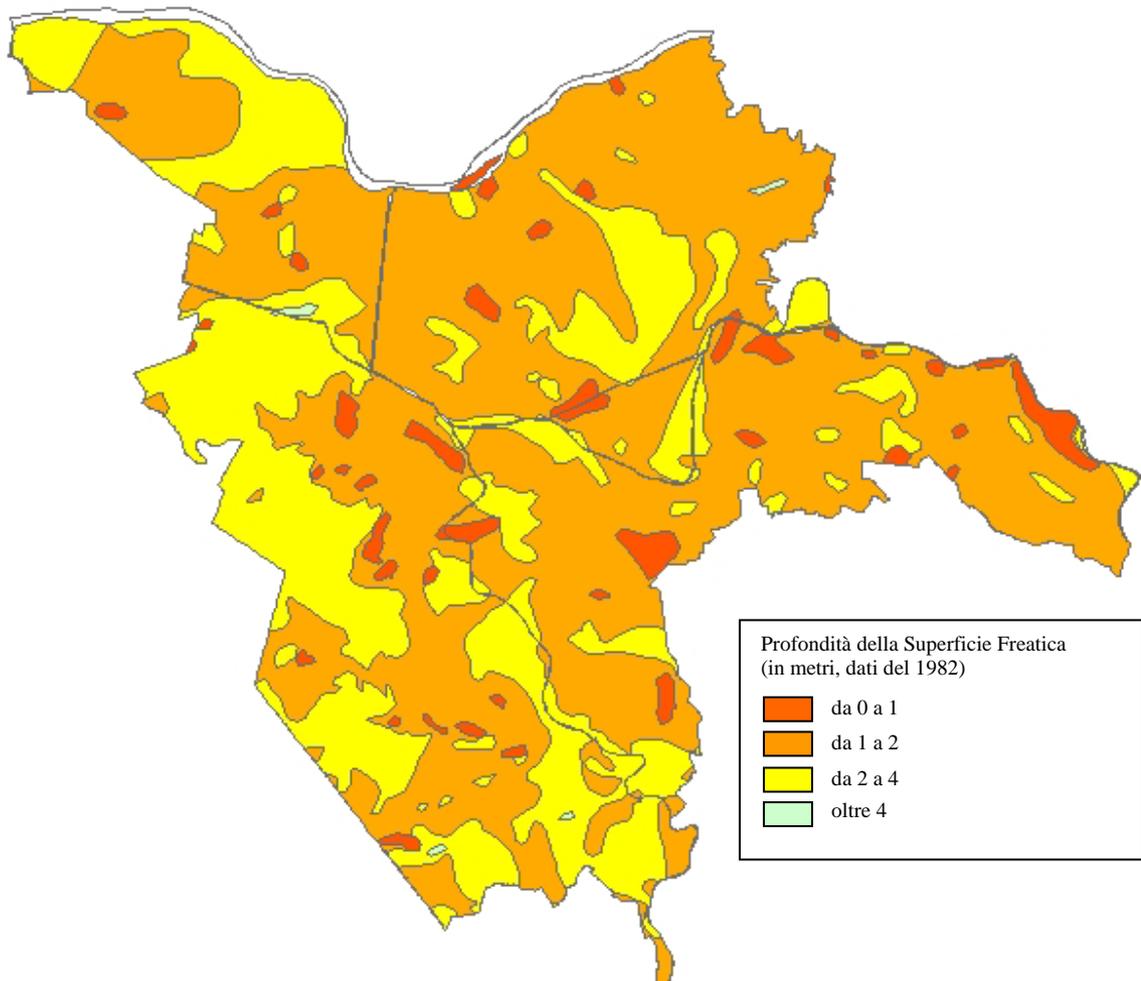


Figura 4.5 Carta comunale del tetto della falda freatica (Amministrazione Provinciale)

4.2 Scenari di pericolosità sismica locale

Sulla base delle informazioni di natura geologica, geomorfologica e geotecnica precedentemente esposte, e seguendo le indicazioni per l'individuazione delle condizioni locali che possono determinare effetti di sito nel territorio della Regione Emilia-Romagna fornite dalla normativa regionale di riferimento per la pianificazione, sono state svolte alcune considerazioni di tipo qualitativo circa il comportamento sotto sollecitazione dinamica dei terreni che caratterizzano il territorio del comune di Ferrara.

L'area in esame è un bacino sedimentario caratterizzato da presenza di strati di terreno molto deformabili (depositi fluvio-deltizi) sovrastanti un substrato di più elevata rigidità (pieghe anticlinali associate a faglie che formano la cosiddetta Dorsale Ferrarese): in queste



condizioni il moto sismico risultante in superficie può differire notevolmente dal moto di ingresso al basamento roccioso, a causa dell'azione filtrante esercitata dai depositi di terreni sciolti, con possibilità di esaltazione dell'ampiezza e della durata del moto sismico. Tutta l'area è dunque potenzialmente suscettibile di effetti stratigrafici di amplificazione delle sollecitazioni e del moto sismico. Anche gli effetti topografici di amplificazione delle sollecitazioni e del moto sismico potrebbero interessare le porzioni del territorio comunale attraversate da argini di corsi d'acqua e rilevati.

In corrispondenza dei paleoalvei principali, dei paleoalvei secondari e dei ventagli e depositi di rotta e tracimazione, sono presenti a partire da profondità variabili a seconda dell'epoca di origine più o meno recente del ramo fluviale e dell'eventuale epoca di estinzione, corpi di materiale prevalentemente granulare sottofalda. Questi corpi sabbiosi risultano potenzialmente liquefacibili e addensabili in caso di sisma, anche se l'occorrenza di tali fenomeni è fortemente condizionata dall'entità dello scuotimento sismico. I terreni fini costituenti il macrostrato entro il quale i depositi sabbiosi sono inglobati sono potenzialmente soggetti a cedimenti per riconsolidazione indotti da sisma.

Nelle zone di transizione le lenti sabbiose sono potenzialmente liquefacibili e addensabili, gli strati fini possono manifestare fenomeni di riconsolidazione e cedimenti.

Nell'ambiente dei bacini interfluviali prevalgono depositi di terreni di natura fine molto compressibili a rischio di cedimenti per riconsolidazione indotti da sisma.

Le opere in terra (argini e i rilevati) di altezza superiore al metro potrebbero andare soggetti a fenomeni di instabilità di versante in caso di sisma.

Le considerazioni fin qui svolte hanno condotto alla redazione della *Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali (Figura 4.6)* e della *Carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica (Figura 4.7)*



Le parti di territorio a diversa pericolosità sismica locale, relative alle aree urbanizzate, urbanizzabili, alle fasce di territorio riguardanti le reti infrastrutturali e i corridoi destinati al potenziamento e alla razionalizzazione dei sistemi per la mobilità, sono evidenziate nella *Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali*. In essa sono rappresentati con quattro colori i tre ambienti morfologici-deposizionali principali e le opere in terra:

- A. per le aree appartenenti all'ambiente 1 (colore giallo) gli effetti di sito indotti da sisma attesi sono (i) l'amplificazione stratigrafica, (ii) la liquefazione e i cedimenti per addensamento dei corpi sabbiosi, (iii) i cedimenti per riconsolidazione del macrostrato di terreno fine;
- B. per le aree appartenenti all'ambiente 2 (colore grigio) gli effetti di sito indotti da sisma attesi sono (i) l'amplificazione stratigrafica, (ii) i cedimenti per riconsolidazione;
- C. per le aree appartenenti all'ambiente 3 (colore verde) gli effetti di sito indotti da sisma attesi sono (i) l'amplificazione stratigrafica, (ii) la liquefazione e i cedimenti per addensamento delle lenti sabbiose, (iii) i cedimenti per riconsolidazione degli strati di terreno fine;
- D. per le opere in terra con altezza superiore al metro (colore marrone) gli effetti di sito indotti da sisma attesi sono (i) l'amplificazione topografica, (ii) l'amplificazione stratigrafica, (iii) l'instabilità, (iv) i cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione dei terreni sottostanti.

La *Carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica* integra e sintetizza tutte le informazioni contenute nella carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali e rappresenta una carta di indirizzo per la pianificazione. Infatti nella carta sono rappresentate, secondo quanto richiesto dagli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", in colore giallo le aree che

necessitano di un secondo livello di approfondimento (aree B), in colore rosso quelle che necessitano di un terzo livello di approfondimento (A, C, D).

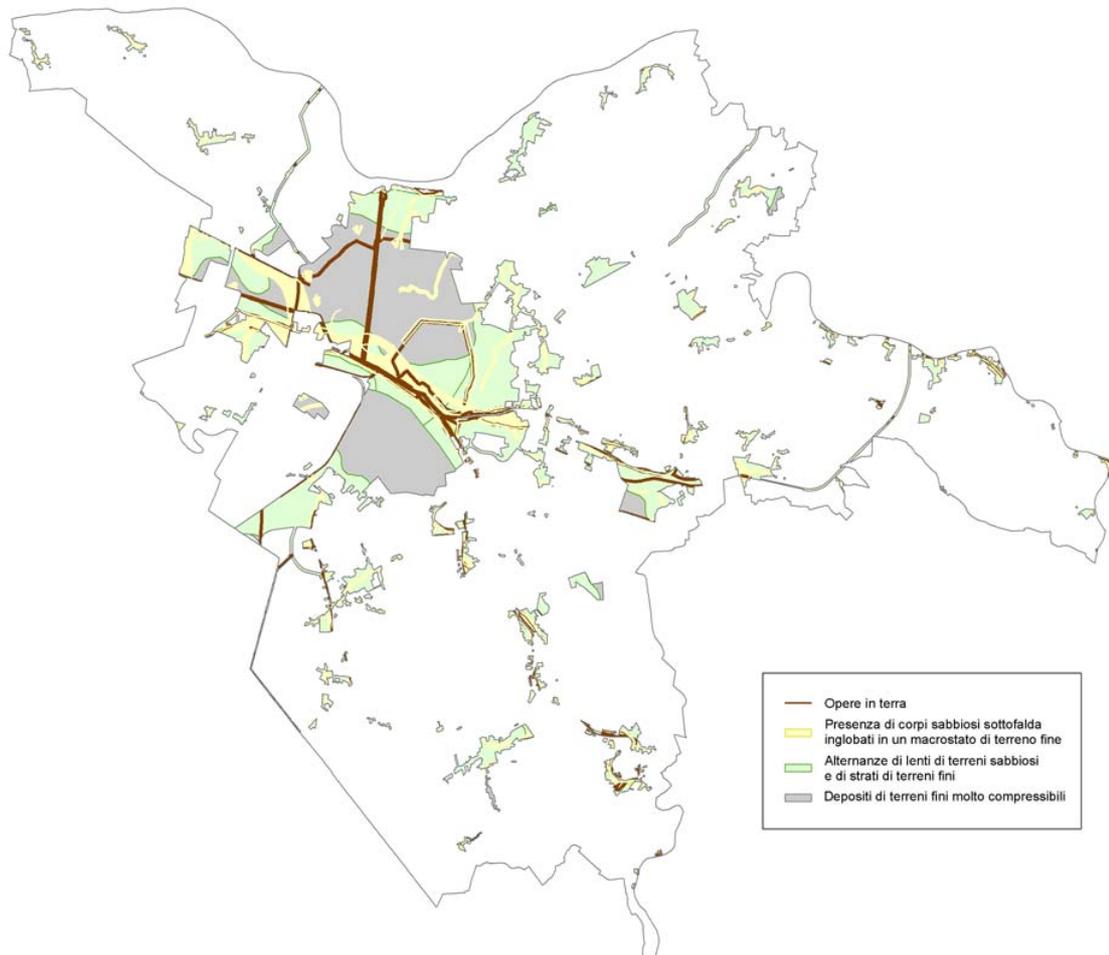


Figure 4.6. – Carta comunale delle aree suscettibili di effetti di sito

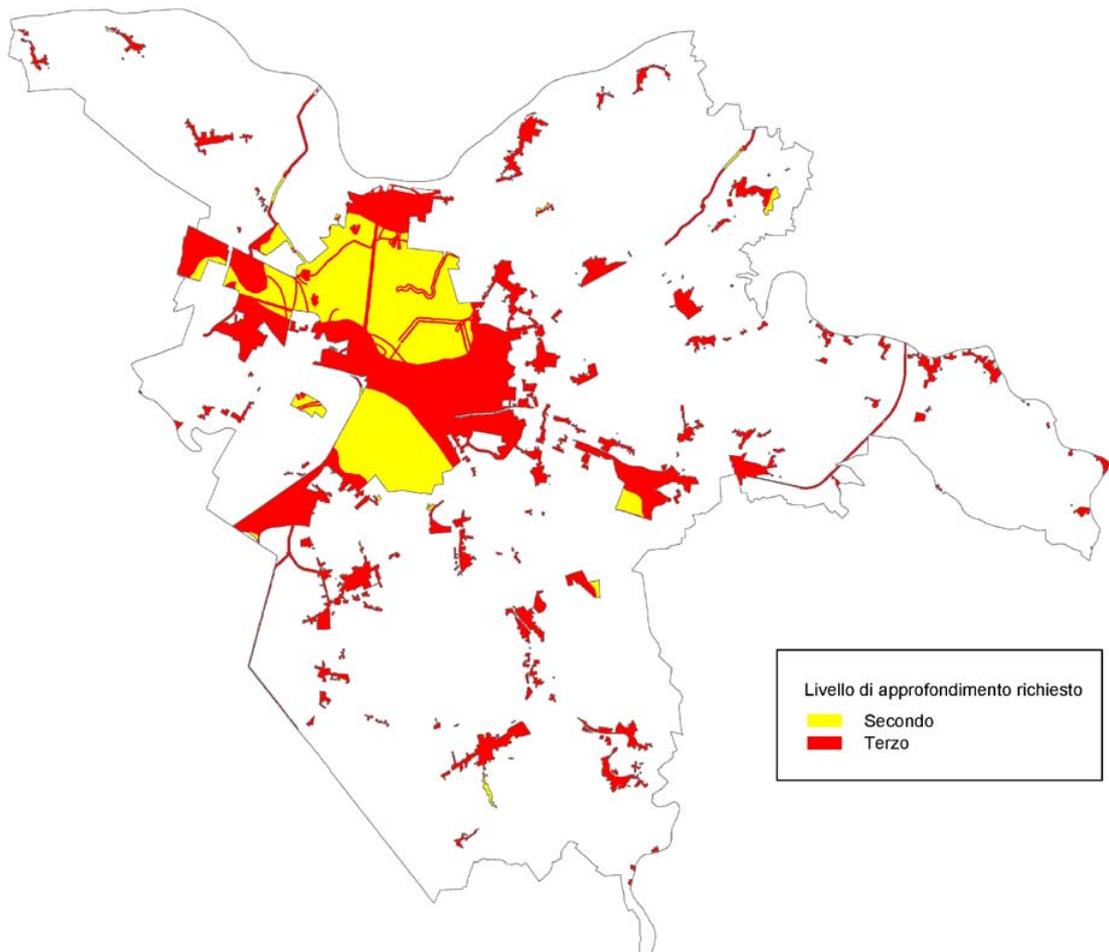


Figure 4.7. – Carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica



5. SECONDA FASE DI ANALISI

5.1 Prove penetrometriche statiche disponibili

La seconda fase di analisi, finalizzata a quantificare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree urbanizzate ed urbanizzabili del comune di Ferrara, è stata basata sull'analisi e sull'interpretazione di prove penetrometriche statiche, variamente distribuite sul territorio comunale. Delle 495 prove complessivamente analizzate:

- 96 prove CPTu, spinte a profondità variabile da 25 a 35 m dal piano campagna locale, appartengono alla banca dati geognostica della Pianura Emiliano-Romagnola;
- 263 prove CPT o CPTu, profonde mediamente 20 m e variamente distribuite nel territorio del Comune di Ferrara, provengono da pratiche edilizie private;
- 37 prove CPTu e SCPTu, spinte a profondità variabile da 20 a 40 m dal piano campagna locale, sono state realizzate lungo il canale Boicelli e lungo il Po di Volano nell'ambito del progetto di allargamento del canale navigabile denominato "Idrovia Ferrarese", e sono state messe a disposizione per lo studio dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara;
- 24 CPTu, SCPTu e CPT, spinte a profondità variabile da 20 a 45 m dal piano campagna locale, sono state realizzate nell'ambito del progetto del I° Lotto dell'Asse Viario Cispadano, e sono state messe a disposizione per lo studio dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara;
- 9 prove CPT, profonde 30 m, sono state realizzate per il PSC dei comuni di Poggio Renatico e Vigarano Mainarda, e sono state messe a disposizione per lo studio dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara;
- 66 prove CPT e CPTu, spinte a profondità variabile da 15 a 35 m dal piano campagna locale, provengono da pratiche edilizie pubbliche e private e sono state messe a

disposizione per lo studio dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara.

La Figura 5.1 riporta uno stralcio della Carta Tecnica Regionale (CTR) del territorio comunale, con l'ubicazione delle prove analizzate. Le prove sono distribuite in maniera non uniforme sul territorio.

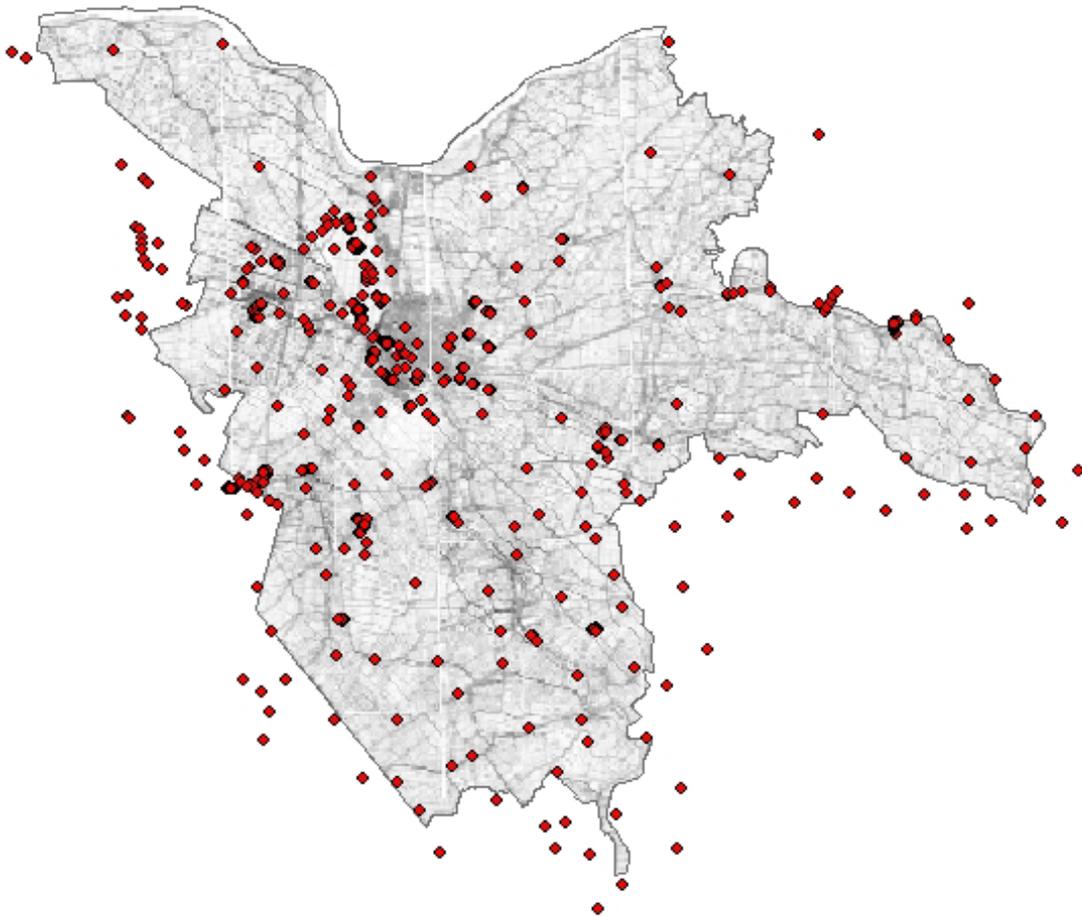


Figura 5.1 – Ubicazione delle prove

5.2 Elaborazioni

5.2.1 Classificazione litologica dei terreni

I terreni possono essere identificati da un punto di vista litologico o mediante specifiche analisi di laboratorio o, in assenza di esse, attraverso correlazioni empiriche che legano la natura dei terreni alle misure dei parametri di resistenza ottenute da prove in sito. In questo

studio, disponendo unicamente dei risultati di prove penetrometriche statiche, la classificazione è stata eseguita utilizzando la correlazione empirica di Robertson (1990), rappresentata in Figura 5.2. I valori della resistenza alla punta q_c e dell'attrito laterale f_s misurati alle diverse profondità, sono stati normalizzati secondo le espressioni che seguono:

$$Q_t = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \quad F_r = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$$

in cui σ_{v0} e σ'_{v0} sono le tensioni verticali totali ed efficaci agenti alle profondità di interesse. Questa normalizzazione richiede l'assegnazione dei pesi dell'unità di volume ai terreni attraversati e la conoscenza della posizione della superficie libera della falda freatica per il calcolo delle tensioni verticali totali ed efficaci agenti alla profondità di misura.

1. Argille sensitive
2. Terreni di natura organica
3. Argille, argille limose
4. Argille limose, limi argillosi
5. Limi sabbiosi, sabbie limose
6. Sabbie limose, sabbie
7. Sabbie, sabbie ghiaiose
8. Sabbie molto dense, sabbie argillose
9. Terreni fini molto densi

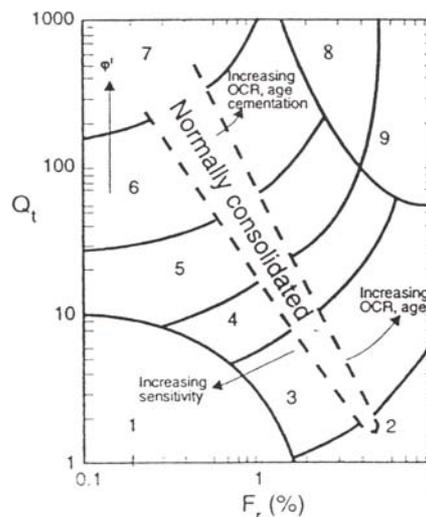


Figura 5.2 – Carta di classificazione di Robertson (1990)

Per la valutazione delle tensioni verticali totali agenti sono stati adottati valori dei pesi dell'unità di volume tipici di letteratura:

- $\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ per le argille, le argille limose, i limi argillosi;
- $\gamma=17.5 \text{ kN/m}^3$ per i limi sabbiosi;



- $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ per le sabbie e le sabbie limose.

Per la valutazione delle pressioni interstiziali e quindi delle tensioni efficaci agenti alle profondità di misura, la profondità della falda è stata assunta pari a quella indicata nel certificato di prova nel caso di prove penetrometriche meccaniche in cui la quota della superficie piezometrica è stata rilevata attraverso l'installazione di un freatimetro nel foro di prova. Nel caso di indagini eseguite con piezocono, (prove CPTu, SCPTu), la posizione della superficie libera della falda freatica è stata individuata attraverso un'attenta analisi degli andamenti della resistenza alla punta e della pressione interstiziale misurate. Per le indagini eseguite senza piezocono (prove CPT) e senza rilevamento della falda mediante freatimetro, la superficie libera è stata cautelativamente posizionata ad 1 m di profondità rispetto al piano campagna locale.

In Figura 5.3 sono riportati gli andamenti misurati nel corso di una prova penetrometrica statica con piezocono della resistenza alla punta q_c , dell'attrito laterale f_s e delle pressioni interstiziali u . La figura mostra che quando il penetrometro attraversa terreni a grana grossa (valori elevati della q_c) grazie all'elevata permeabilità di questi materiali l'avanzamento dello strumento avviene in condizioni drenate e non si osservano forti oscillazioni delle pressioni misurate, che corrispondono pertanto alle pressioni neutre. Questo permette di tracciare la retta rappresentativa delle condizioni idrostatiche e di individuare la posizione del tetto della falda freatica al momento della prova. Per contro, quando il penetrometro attraversa dei terreni a grana fine (bassi valori della q_c) a causa della scarsa permeabilità di questi materiali l'avanzamento dello strumento avviene in condizioni parzialmente drenate o non drenate e si osservano forti oscillazioni delle pressioni misurate indotte dall'infissione.

Una volta calcolate le tensioni verticali totali ed efficaci agenti alle diverse profondità e determinati i valori normalizzati della resistenza alla punta e dell'attrito laterale (Q_t , F_r), è

stato possibile diagrammare tali valori sulla carta di classificazione di Robertson riportata in Figura 5.2 e classificare litologicamente i terreni analizzati.

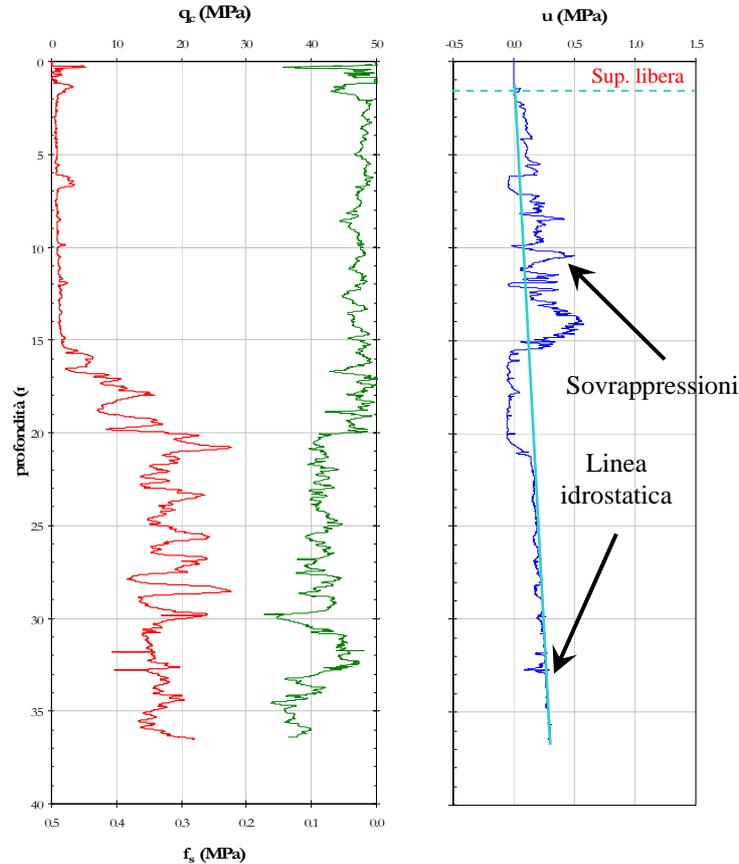


Figura 5.3 – Andamenti di q_c , f_s e u registrati nel corso di una prova CPTu

La carta di classificazione, è suddivisa in 9 zone, ognuna delle quali identifica uno specifico tipo di terreno. I terreni per i quali i valori calcolati di Q_t e F_r ricadono nelle zone 6 e 7 sono generalmente terreni a grana grossa in cui l'avanzamento del cono statico con rottura del terreno avviene in condizioni drenate; i terreni per i quali Q_t e F_r ricadono nelle zone 1, 2, 3 e 4 sono generalmente terreni a grana fine in cui l'avanzamento avviene in condizioni non drenate; infine i terreni per i quali Q_t e F_r ricadono nelle zone 5, 8 e 9 sono terreni di transizione o terreni molto addensati in cui l'avanzamento del cono avviene in condizioni parzialmente drenate.



Occorre sottolineare che le correlazioni empiriche per la classificazione litologica dei terreni come quella utilizzata permettono di eseguire solo una valutazione *qualitativa* del tipo di terreno incontrato nel corso della prova penetrometrica statica, comunque necessaria in assenza di dati diretti ricavati da prove specifiche.

5.2.2 *Determinazione del moto sismico di riferimento per il territorio analizzato*

Per moto sismico di riferimento si intende il moto causato nel sito in esame dall'evento atteso, in relazione ad un' appropriata analisi di pericolosità.

Un moto sismico è abitualmente rappresentato in funzione del tempo attraverso un accelerogramma. Il segnale viene registrato e digitalizzato dalle stazioni sismiche lungo tre direzioni ortogonali (due orizzontali e una verticale) con un passo regolare di campionamento Δt . Dal segnale accelerometrico, mediante filtraggio ed integrazione numerica, si ottengono gli andamenti nel tempo di velocità e spostamento per ciascuna componente del moto. Ampiezza massima, durata e contenuti in frequenza del segnale variano in relazione sia all'energia del terremoto e ai meccanismi di sorgente, sia alla distanza ed alle condizioni locali del sottosuolo del sito di registrazione.

I parametri più rappresentativi per caratterizzare l'ampiezza di un moto sismico sono i *valori di picco di accelerazione*, velocità e spostamento ed il contenuto in frequenza, analiticamente rappresentabile attraverso lo spettro di Fourier (un segnale definito nel tempo viene scomposto in una serie di armoniche con ampiezza e fase variabili in funzione della frequenza). Le caratteristiche energetiche di un sisma sono invece ben rappresentate dalla *magnitudo*, grandezza espressa in funzione del logaritmo dell'ampiezza di un parametro rappresentativo del moto, come l'accelerazione di picco, misurata ad una distanza epicentrale di riferimento.



Il moto sismico a cui fare riferimento è determinato sulla base di alcuni documenti ufficiali nazionali:

- le mappe di pericolosità sismica nazionale, che individuano le principali zone sismogenetiche a scala subregionale e sono espresse in termini di accelerazioni massime attese o di intensità spettrali (parametri valutati sia in base alla sismicità storica, sia mediante studi con modelli sismotettonici avanzati);
- la zonazione sismica del territorio nazionale che stabilisce, sulla base della mappa di pericolosità nazionale, i valori di accelerazione massima su suolo di riferimento rigido (a_g) per le zone sismiche a cui è stato assegnato ciascun comune del territorio nazionale;
- la normativa tecnica nazionale ed internazionale per la progettazione antisismica degli edifici e delle fondazioni ed opere di sostegno. In tali documenti sono indicate le categorie di sottosuolo cui associare opportuni valori del fattore di amplificazione S e dello spettro di risposta normalizzato relativo alle componenti orizzontali e verticali dell'accelerazione.

A questi documenti si aggiunge la delibera della regione Emilia Romagna n.112/2007, normativa sismica di riferimento per la pianificazione territoriale ed urbanistica, che assegna ad ogni comune della regione i valori di accelerazione massima su affioramento rigido (a_g) da adottare per il calcolo della sollecitazione di progetto. Per il comune di Ferrara la normativa regionale prevede $a_g=0.132$.

Per determinare la magnitudo del terremoto di progetto per il territorio del comune di Ferrara è stata svolta un'analisi di pericolosità sismica. Un'analisi di pericolosità sismica è tradizionalmente basata su modelli statistici di tipo poissoniano: con riferimento ad una determinata zona sismogenetica, ogni evento di una serie casuale è completamente indipendente da qualunque altro evento precedente o successivo e la catalogazione degli



eventi più significativi avviene solo in termini di magnitudo su un fissato periodo di osservazione. Il periodo di ritorno aumenta con la magnitudo mentre la localizzazione della sorgente resta del tutto casuale all'interno della zona.

Un approccio probabilistico di tipo poissoniano deve fondare su una relazione di ricorrenza statistica che, per una sequenza di eventi registrati in una determinata zona sismogenetica, lega la magnitudo M alla frequenza media annuale di eccedenza λ_M di quella magnitudo. Poiché nel periodo di riferimento t_s la probabilità P che avvenga un terremoto con magnitudo superiore o uguale a M è data da:

$$P = 1 - e^{-\lambda_M t_s}$$

combinando questa espressione con la legge di ricorrenza si può ottenere la probabilità di superamento di una fissata magnitudo su un dato periodo di riferimento. Allo stesso modo fissato il tempo di ritorno di un evento di data probabilità è possibile ricavare la magnitudo dell'evento stesso:

$$T_r = \frac{1}{\lambda_M} = -\frac{t_s}{\ln(1-P)} \quad \rightarrow \quad M = \frac{\ln a - \ln \lambda_M}{b} = \frac{\ln a + \ln T_r}{b}$$

In questo studio è stata adottata la legge di ricorrenza di Gutenberg e Richter. La sequenza temporale riportata in Tabella 5.1 degli eventi registrati nella zona sismogenetica 912 della zonazione ZS9 (Figura 5.4), in cui ricade il territorio del comune di Ferrara, è stata ordinata in senso decrescente con la magnitudo ed è stato contato il numero di eventi sismici N_E con energia superiore a M . Per ogni valore di magnitudo M è stata calcolata la corrispondente frequenza media annuale di eccedenza λ_M , espressa come:

$$\lambda_M = \frac{N_E}{T_0}$$

con T_0 = intervallo temporale di osservazione.

La distribuzione statistica dei dati (λ_M, M) è stata interpretata con una funzione di tipo esponenziale:

$$\lambda_M = ae^{-bM}$$

In Figura 5.5 è rappresentata la regressione esponenziale della relazione (λ_M, M) da cui sono stati ricavati i parametri a e b .

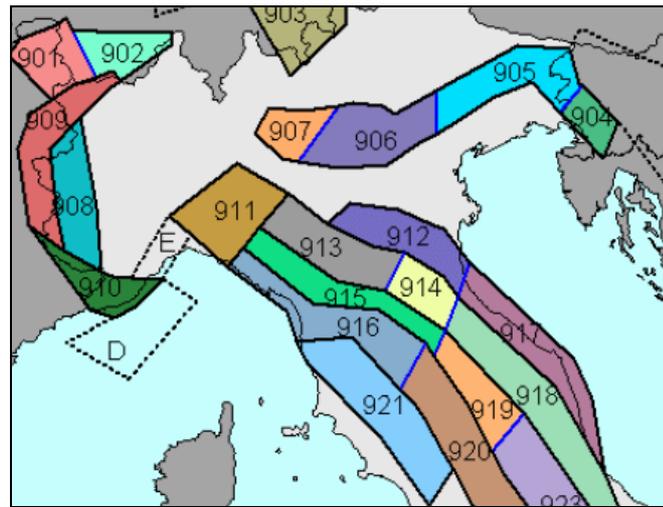


Figura 5.4 – Zonazione sismogenetica ZS9

Fissati infine come previsto dalle norme tecniche italiane un $t_s=50$ anni ed una probabilità di superamento del 10% (cui corrisponde un $T_r=475$ anni), per la zona sismogenetica 912 è stato ricavato un valore della magnitudo $M=5.81$.

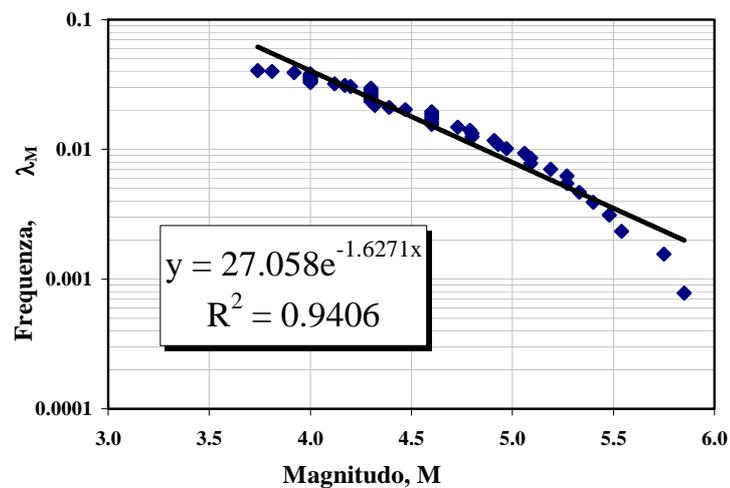


Figura 5.5 – Legge di Gutenberg-Richter in termini di frequenza media annuale, relativa a tutti gli eventi della sequenza storica considerata



Tabella 5.1 – Serie storica degli eventi verificatisi nella zona 912 della zonazione sismogenetica ZS9

Anno	Località	Mas
725	CLASSE-RAVENNA	5.40
1234	FERRARA	4.80
1249	MODENA	4.60
1285	FERRARA	4.60
1345	CASTELNUOVO	4.00
1346	FERRARA	5.75
1410	FERRARA	4.60
1425	FERRARA SUD	4.30
1474	MODENA	4.39
1483	FERRARA	4.00
1483	ROMAGNA MERIDIONALE	5.54
1508	FERRARA SUD	4.30
1561	FERRARA	4.00
1570	FERRARA	5.27
1574	FINALE EMILIA	4.73
1591	FORLI'	4.91
1624	ARGENTA	5.19
1660	MODENA	4.00
1671	RUBIERA	5.06
1688	FUSIGNANO	4.80
1688	ROMAGNA	5.85
1689	FUSIGNANO	4.30
1695	FERRARA	4.00
1743	FERRARA	4.60
1780	BOLOGNESE	4.32
1780	RAVENNA	4.60
1787	FERRARA	4.00
1796	EMILIA ORIENTALE	5.48
1806	NOVELLARA	4.93
1810	NOVELLARA	4.97
1831	REGGIANO	5.27
1834	BOLOGNA	4.00
1850	MODENA	4.30
1891	LUGO	4.30
1895	COMACCHIO	4.30
1895	COMACCHIO	4.30
1898	ROMAGNA SETTENT.	4.60
1908	FINALE EMILIA SUD	4.30
1909	BASSA PADANA	5.33
1922	CENTO	3.81
1928	CARPI	4.32
1950	REGGIANO	3.74
1965	RUSSI	4.47
1967	BASSA PADANA	5.09
1967	CORREGGIO	4.12
1968	RUSSI	3.92
1969	RUSSI	4.00
1978	RAVENNA S.O.	4.20
1986	BONDENO	4.30
1987	REGGIANO	4.79
1996	CORREGGIO	5.09
2000	REGGIANO	4.17



5.2.3 Definizione dei fattori di amplificazione sismica dalle prove penetrometriche

Le norme tecniche italiane e regionali in materia di progettazione in zona sismica stabiliscono che il valore dell'accelerazione orizzontale con la quale calcolare le sollecitazioni di progetto venga ricavato moltiplicando un fattore di amplificazione sismica (o coefficiente di sito S) per la massima accelerazione orizzontale definita per suolo di categoria A per la zona di interesse ($a_{\max} = S a_g$). Per la definizione del fattore di amplificazione le norme prescrivono di valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto in superficie. In mancanza degli specifici studi di risposta sismica locale consentono di classificare i terreni di fondazione sulla base dei valori misurati entro i primi 30 m di profondità della velocità delle onde di taglio ($V_{s,30}$), ovvero del numero dei colpi medio N_{SPT} ottenuti da una prova penetrometrica dinamica, ovvero dal valore della "coesione non drenata media c_u ".

In base alle condizioni litologiche e morfologiche locali o ai valori delle suddette grandezze, le NTC individuano delle "categorie di suolo di fondazione" ad ognuna delle quali corrisponde un valore del coefficiente di sito S . La normativa regionale di riferimento per la pianificazione territoriale e urbanistica, ad integrazione delle NTC, fornisce dei valori del coefficiente di sito (definito come fattore di amplificazione F.A.) in funzione della $V_{s,30}$, i quali sono stati tarati sugli specifici ambiti geomorfologici, geologici, geotecnici che caratterizzano il territorio Regionale e sono basati su studi di amplificazione sismica locale. Il territorio del comune di Ferrara ricade in particolare nell'ambito definito "PIANURA 2", cui corrispondono i fattori di amplificazione riportati in Tabella 5.2.

Tabella 5.2– Fattori di amplificazione della sollecitazione sismica

$V_{s,30}$	<180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0



Per il presente studio, in assenza di misure dirette della V_s , della c_u e di N_{SPT} si è scelto di utilizzare una correlazione empirica che correla la velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s al valore della resistenza alla punta, q_c ottenuta da prove penetrometriche statiche. La correlazione empirica utilizzata è quella proposta da Andrus (2001):

$$V_s = A \cdot \left[\left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \right]^\alpha \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{0.25}$$

in cui $p_a = p_{atm}$ = pressione di riferimento; σ'_{v0} = tensione verticale efficace; A e α = parametri di correlazione.

I parametri di correlazione A e α sono stati calibrati per i depositi alluvionali presenti nella pianura ferrarese, adoperando alcune prove penetrometriche eseguite con il cono sismico (SCPT realizzate in alcune aree del territorio della provincia di Ferrara) che hanno permesso la misura contemporanea della q_c e della V_s con la profondità.

Per la calibrazione, i terreni sono stati distinti in due macro-famiglie, terreni a grana fine e terreni a grana grossa; in Tabella 5.3 sono riportati i valori dei coefficienti di regressione A e α ottenuti. La Figura 5.6 rappresenta il confronto tra i valori di V_s stimati attraverso la suddetta correlazione empirica calibrata ed i corrispondenti valori misurati, per i terreni a grana fine e per quelli a grana grossa. Si può osservare complessivamente un discreto adattamento dei valori calcolati a quelli misurati, con errori contenuti entro un margine accettabile.

Tabella 5.3 – Coefficienti di correlazione

	A	α
<i>terreni a grana fine</i>	102.117	0.188
<i>terreni a grana grossa</i>	96.483	0.194

La correlazione calibrata è stata utilizzata per dedurre il profilo della velocità V_s dalla resistenza alla punta q_c misurata per ogni verticale penetrometrica analizzata.

Per le prove penetrometriche spinte almeno alla profondità di 30 m, dal profilo calcolato della V_s è stata ricavata la $V_{s,30}$, che è risultata sempre inferiore a 350 m/s. Di conseguenza, in accordo alle indicazioni fornite dalle norme regionali riportate in Tabella 5.2, il fattore di amplificazione è risultato ovunque pari a 1.5. La Figura 5.7 riporta la Carta della valutazione locale dell'amplificazione stratigrafica, in cui ad ogni verticale di indagine è associato il valore calcolato del fattore di amplificazione F.A..

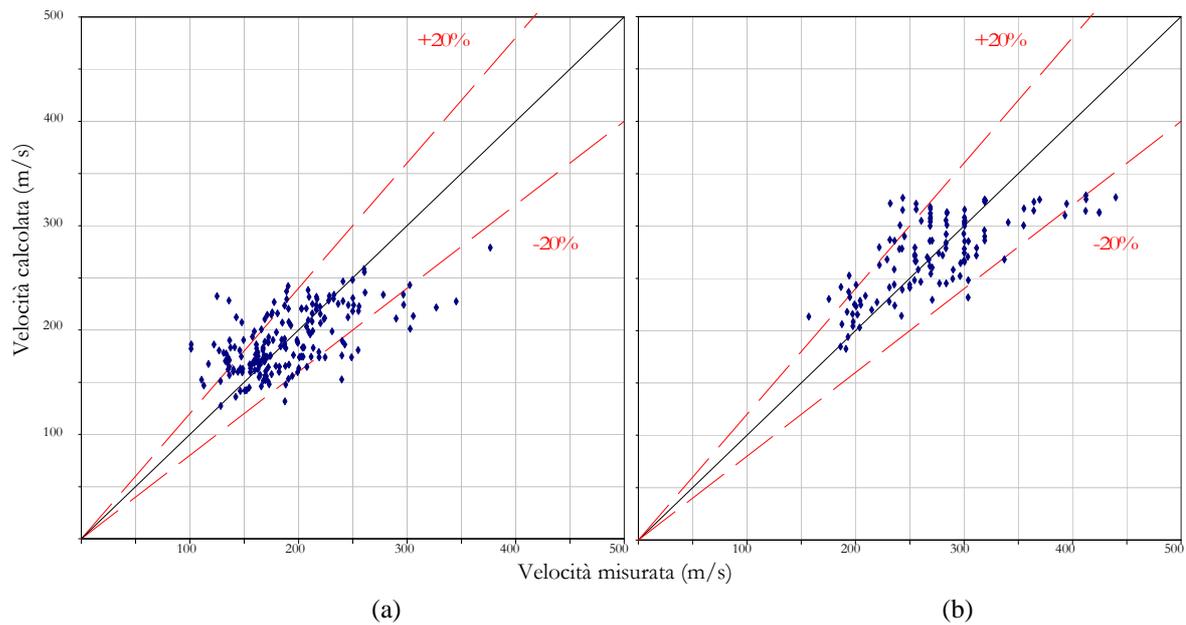


Figura 5.6 – Velocità misurata-velocità calcolata per i terreni a grana fine (a) e per quelli a grana grossa (b)

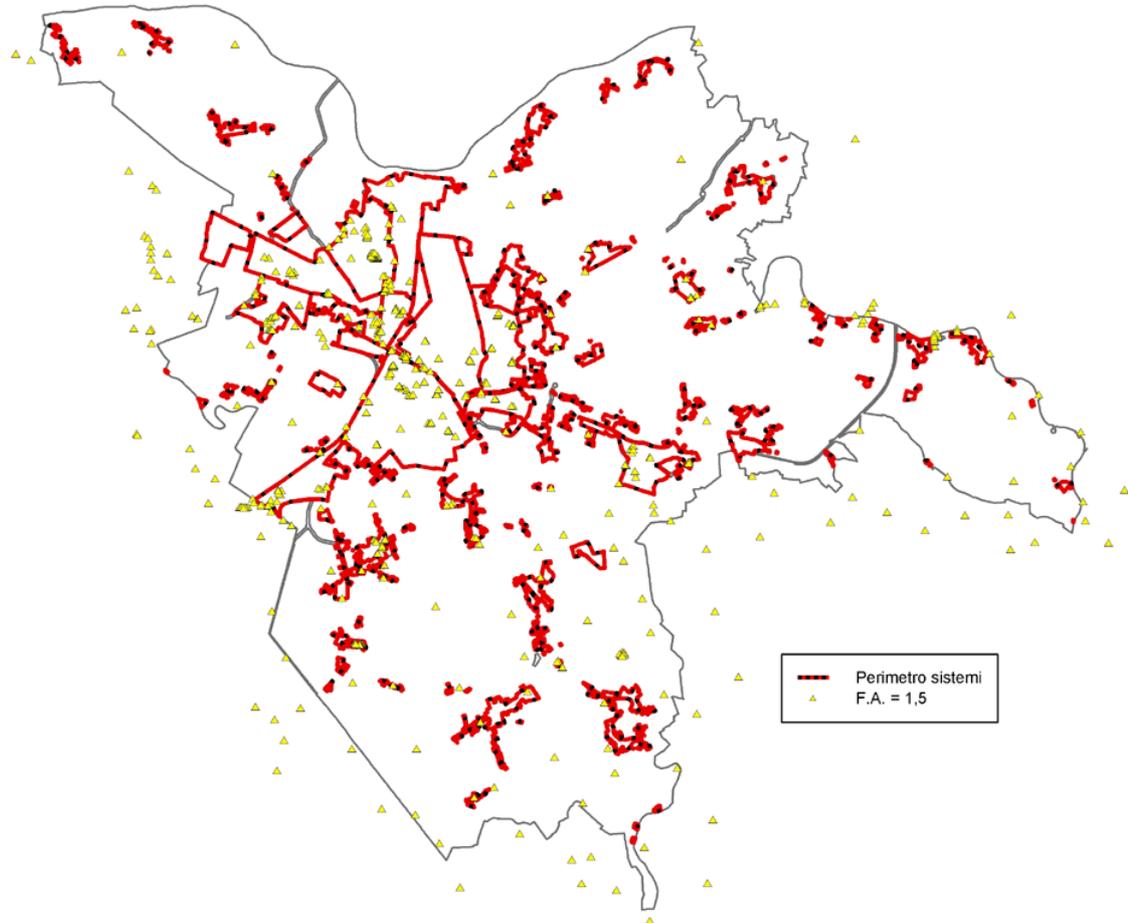


Figura 5.7 – Carta della valutazione locale dell’amplificazione stratigrafica

5.2.4 Verifica a liquefazione da prove penetrometriche

Le verifiche a liquefazione sono state eseguite utilizzando un metodo di tipo semplificato. Il grado di sicurezza nei confronti della liquefazione ad una generica profondità z è stato valutato in termini di coefficiente di sicurezza F_L , definito come rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione a quella profondità e la corrispondente sollecitazione indotta dall’azione sismica, entrambe normalizzate rispetto allo stato tensionale:

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} = \frac{\frac{\tau_L}{\sigma'_{v0}}}{\frac{\tau_S}{\sigma'_{v0}}}$$

dove:

τ_L = tensione tangenziale necessaria per causare la liquefazione del terreno in sito alla profondità z di interesse (stato di sforzo critico associato alla condizione di liquefazione o al manifestarsi di grandi deformazioni plastiche);

CRR = rapporto di resistenza ciclica alla profondità z ;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace agente alla profondità z ;

τ_S = tensione tangenziale ciclica che il terremoto induce nel terreno alla profondità z ;

CSR = rapporto di sollecitazione ciclica alla profondità z .

Profilo CSR(z)

Per la determinazione del profilo del rapporto CSR con la profondità è stato seguito il metodo proposto da Seed e Idriss (1970) basato sul modello di colonna di terreno saturo di sezione unitaria che oscilla come un corpo rigido sotto l'azione di un terremoto, come rappresenta la Figura 5.7.

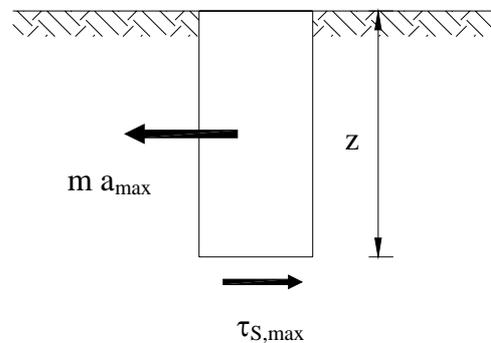


Figura 5.7 – Colonna modello

dove: m = massa della colonna di terreno saturo; $a_{max} = S a_g$ = sollecitazione sismica di progetto; S = coefficiente di sito (o fattore di amplificazione del segnale); a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di riferimento; $\tau_{S,max}$ = tensione tangenziale massima agente. Dalla Figura 5.7, per l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene l'espressione che segue:

$$\tau_{S,max}(z) = \frac{\gamma}{g} \cdot z \cdot a_{max} = \frac{\sigma_{v0}(z)}{g} \cdot a_{max}$$

Poichè:



$$CSR(z) = \frac{\tau_s(z)}{\sigma'_{v0}(z)}$$

con: $\tau_s(z) = 0.65 \tau_{s,max}(z)$

risulta:

$$CSR(z) = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}(z)}{\sigma'_{v0}(z)}$$

con: $a_g = 0.132$ = accelerazione prevista per il comune di Ferrara dalla normativa regionale di riferimento, per tempo di ritorno $T_r = 475$ anni;

$S = 1.5$ = fattore di amplificazione massimo previsto dalla normativa regionale di riferimento.

Per tener conto della deformabilità della colonna di terreno il profilo $CSR(z)$ calcolato è stato corretto attraverso un fattore empirico riduttivo degli sforzi di taglio con la profondità, r_d . Si ottiene pertanto:

$$CSR(z) = 0.65 \cdot S \cdot \frac{a_g}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}(z)}{\sigma'_{v0}(z)} \cdot r_d$$

con: $r_d = 1 - 0.015z$ (z in m).

Profilo CRR(z)

La procedura adottata per il calcolo del rapporto di resistenza ciclica CRR ad una generica profondità z è di tipo iterativo ed è basata su correlazioni semi-empiriche ed osservazioni dirette di fenomeni post-sisma.

CRR è stato ricavato utilizzando il metodo di Robertson e Wride (1997) nella versione recentemente aggiornata (Robertson 2004). Secondo tale metodo, basato su una serie di osservazioni sperimentali relative a terremoti di magnitudo $M = 7.5$, il rapporto di resistenza ciclica $CRR_{7.5}$ alla profondità z può essere stimato con le seguenti relazioni:



$$\begin{cases} CRR_{7,5} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 & \text{se } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 160 \\ CRR_{7,5} = 0.833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 & \text{se } (q_{c1N})_{cs} < 50 \end{cases}$$

in cui: $(q_{c1N})_{cs} = K_c(q_{c1N}) =$ resistenza alla punta normalizzata equivalente di una sabbia pulita;

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n = \text{resistenza alla punta normalizzata};$$

$q_c =$ resistenza alla punta misurata alla profondità z ;

$\sigma'_{v0} =$ tensione verticale efficace alla profondità di misura z ;

$p_a = p_{atm} =$ pressione di riferimento;

$n =$ esponente empirico che dipende da un indice di classificazione del terreno come di seguito descritto.

Il fattore K_c viene introdotto perché è stato sperimentalmente osservato che le correlazioni per stimare $CRR_{7,5}$ per una sabbia limosa o per una sabbia pulita sono differenti, e risulta quindi necessario introdurre un fattore correttivo che tenga conto del contenuto di fine. Si tratta di una correzione approssimata dal momento che il valore della resistenza alla punta dipende, oltre che dal contenuto di fine, anche dalla mineralogia, dall'età del terreno e dalla sua storia tensionale.

Il coefficiente K_c può essere calcolato in funzione dell'indice di classificazione del terreno I_c :

$$\begin{cases} K_c = 1 & \text{se } I_c \leq 1.64 \\ K_c = -0.403I_c^4 + 5.581I_c^3 - 21.63I_c^2 + 33.75I_c - 17.88 \end{cases}$$

con: $I_c = \left[(3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2 \right]^{0.5}$;

$$Q = q_{c1N} = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{p_a} \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n = \text{resistenza alla punta normalizzata};$$



$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} = \text{resistenza laterale normalizzata};$$

q_c = resistenza alla punta misurata alla profondità z ;

σ_{v0} = tensione verticale totale alla profondità di misura z ;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla profondità di misura z ;

$p_a = p_{atm}$.

Come già detto, l'esponente empirico n dipende dall'indice di classificazione del terreno I_c . Esso varia da 0.5 per le sabbie pulite a 1 per le argille e va calcolato iterativamente secondo la seguente procedura:

$$\begin{cases} n = 0.5 & \text{se } I_c < 1.64 \\ n = 1 & \text{se } I_c > 3.3 \\ n = 0.3(I_c - 1.64) + 0.5 & \text{se } 1.64 < I_c < 3.3 \\ n = 1 & \text{se } \sigma'_{v0} > 300kPa \end{cases}$$

Si assume un primo valore di $n=1$, con il quale si calcolano, per la generica profondità di misura z , Q , F e il valore risultante di I_c ; in funzione del valore calcolato di I_c si aggiorna il valore di n e si itera fin quando risulti $\Delta n < 0.01$. Con il valore trovato di n si calcolano q_{c1N} , $(q_{c1N})_{cs}$ e $CRR_{7.5}$. La procedura iterativa di calcolo tiene conto anche del fatto che non tutti i terreni sono liquefacibili. Il valore di $I_c=2.6$ rappresenta, nel metodo di Robertson e Wride, una soglia tra i terreni considerati potenzialmente liquefacibili ($I_c < 2.6$) da quelli non potenzialmente liquefacibili ($I_c > 2.6$). La procedura iterativa di calcolo è sintetizzata nel diagramma di flusso riportate in Figura 5.8. Essa deve essere ripetuta per ogni profondità z di misura della q_c per ricavare il profilo $CRR_{7.5}(z)$.

Per valutare il profilo di $CRR(z)$ che compete ad un terremoto atteso di magnitudo M diversa da $M=7.5$, il profilo $CRR_{7.5}(z)$ calcolato attraverso la procedura iterativa deve essere corretto attraverso un fattore MSF , ovvero:

$$CRR_M(z) = CRR_{7.5}(z) \cdot MSF$$

Per il Comune di Ferrara, il valore del coefficiente correttivo da adottare è stato ottenuto a partire dai valori di MSF consigliati dalla normativa regionale riportati nella Tabella 5.4 attraverso una procedura di interpolazione lineare (Figura 5.9). Per la magnitudo $M=5.81$ è risultato $MSF = 1.36$.

Tabella 5.4 - Magnitudo Scaling Factors

Magnitudo	MSF*
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19

* Seed e Idriss (1982)

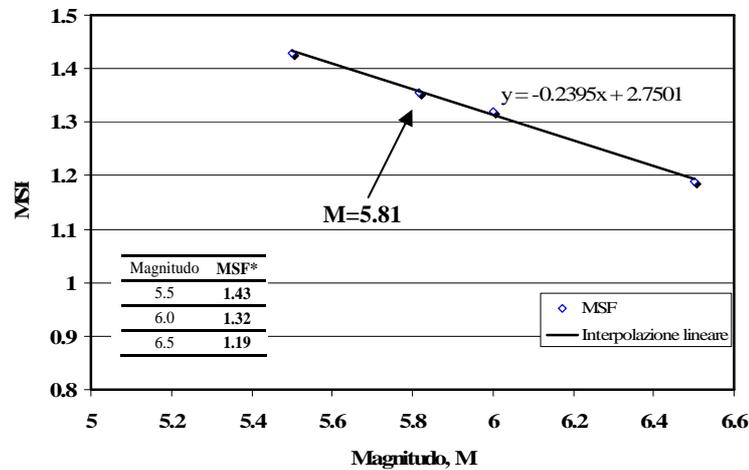


Figura 5.9 - Valutazione del Magnitudo Scaling Factor per Magnitudo $M=5.81$

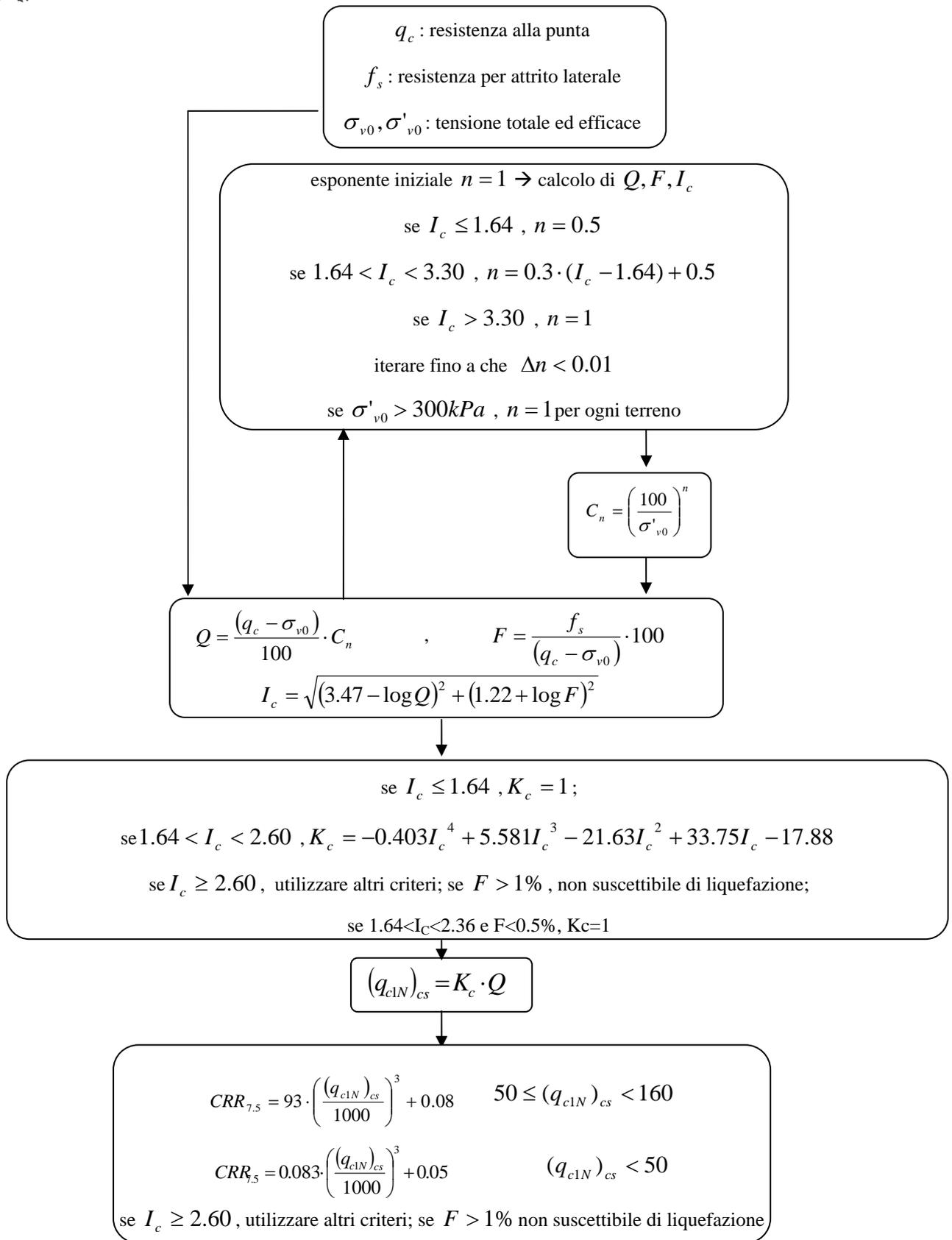


Figura 5.8 – Procedura per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR



Fattore di sicurezza $F_L(z)$ e indice del potenziale di liquefazione

Il profilo del fattore di sicurezza alla liquefazione con la profondità z è stato calcolato come segue:

$$F_L(z) = \frac{CRR(z)}{CSR(z)}$$

Negli strati in cui $F_L < 1$, il terreno è stato considerato suscettibile di liquefazione.

Per quantificare in corrispondenza di ogni verticale di indagine il livello di rischio connesso alla suscettibilità a liquefazione è stato calcolato l'indice del potenziale di liquefazione I_L (Iwasaki et al. 1982) definito come segue:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui: z = profondità dal piano campagna in metri;

$w(z) = 10 - 0.5z$, $z < 20$ m;

$F(z) = 1 - F_L(z)$ se $F_L(z) \leq 1$, $F(z) = 0$ altrimenti.

Il livello di rischio connesso al verificarsi del fenomeno della liquefazione è stato associato, in accordo alla normativa regionale di riferimento, al valore assunto da I_L : se $I_L \leq 5$ il potenziale di rottura è stato considerato basso, se $5 < I_L \leq 15$ il potenziale di rottura è stato considerato elevato, se $I_L > 15$ il potenziale di rottura è stato considerato estremamente elevato.

Rappresentazione grafica dei risultati

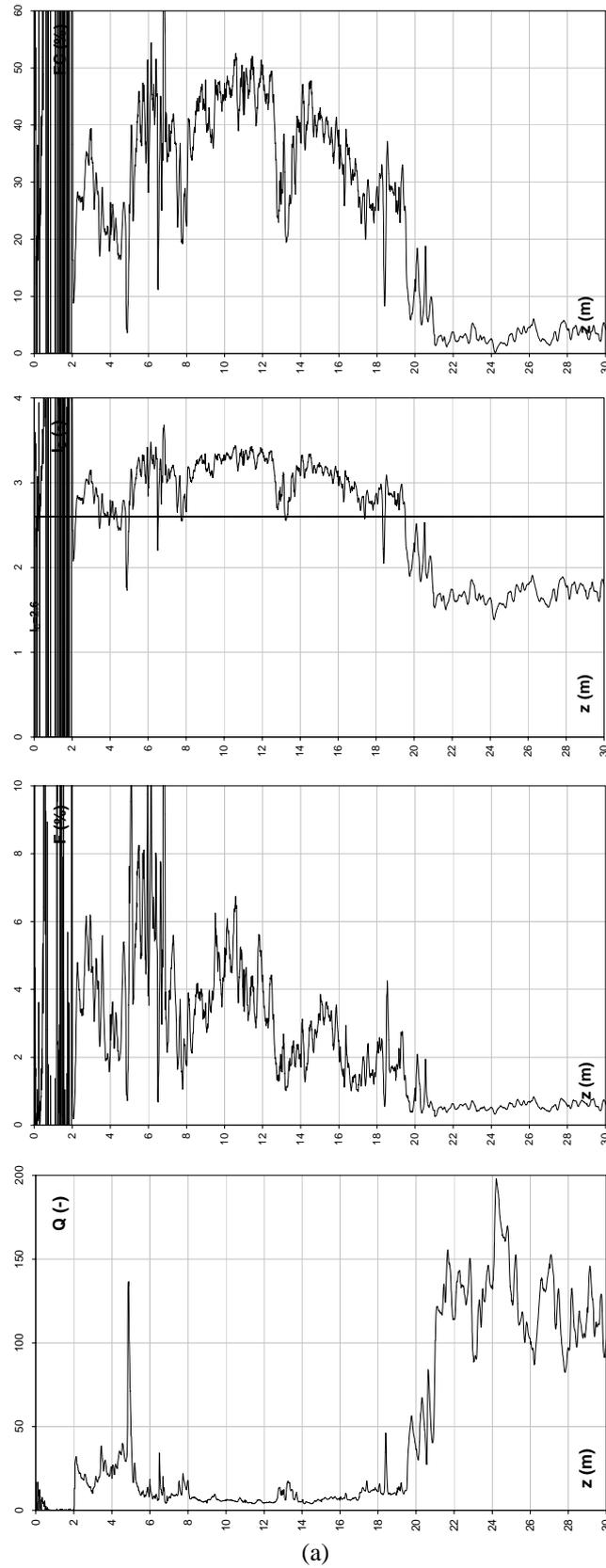
Nelle Figure 5.10 (a) e (b) sono riportati a titolo di esempio i risultati ottenuti da una verifica a liquefazione da prova penetrometrica statica, svolta seguendo il procedimento iterativo descritto; in particolare sono riportati gli andamenti con la profondità dei parametri caratteristici del metodo ottenuti a partire dai valori misurati di q_c e f_s e dai valori calcolati di σ_{v0} e σ'_{v0} . Si può notare che la verifica è estesa solo agli strati potenzialmente liquefacibili.

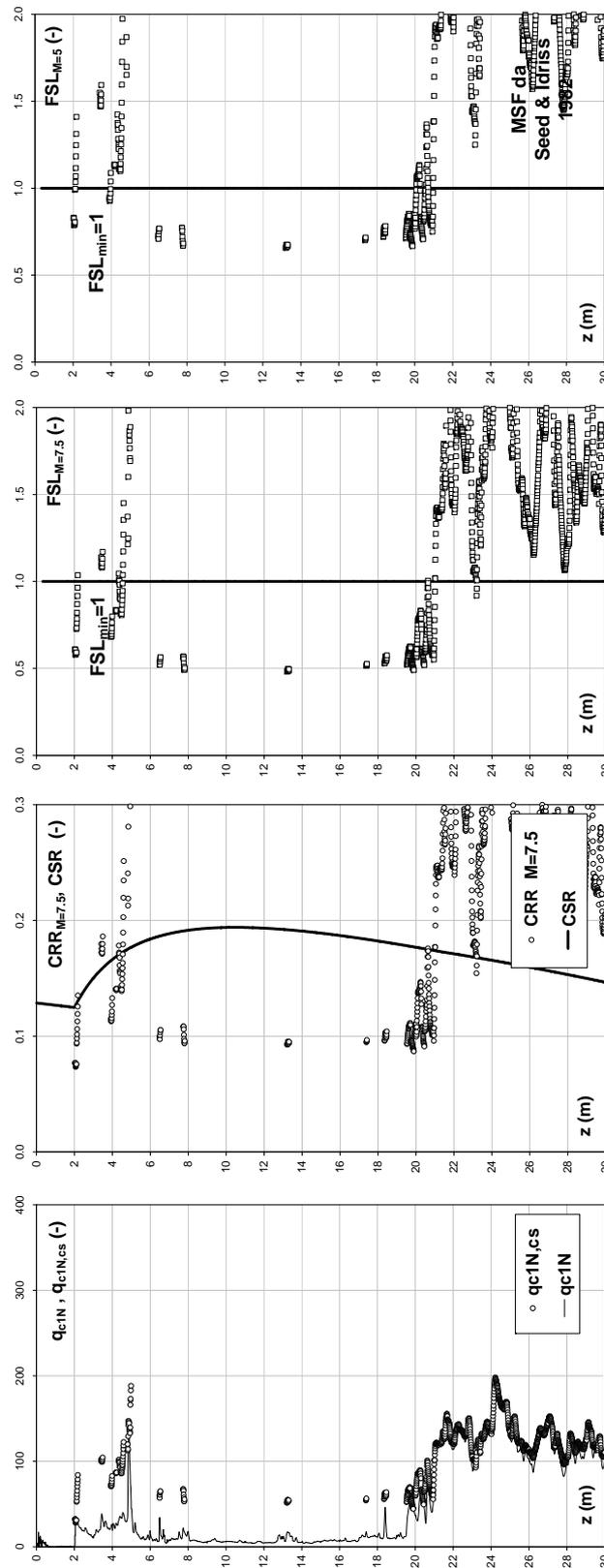


Le zone in cui $F_L < 1$ rappresentano strati suscettibili di liquefazione sotto le sollecitazioni indotte dal terremoto di progetto.

In allegato sono riportati i risultati ottenuti da tutte le verifiche a liquefazione svolte per 495 prove penetrometriche analizzate.

La Figura 5.11 riporta la Carta della valutazione locale del potenziale di liquefazione, le verticali analizzate sono distinte in funzione del valore di I_L calcolato ($I_L \leq 5$, $5 < I_L \leq 5$, $I_L > 15$).





(b)

Figura 5.10 – Risultati di una verifica di liquefazione da CPT

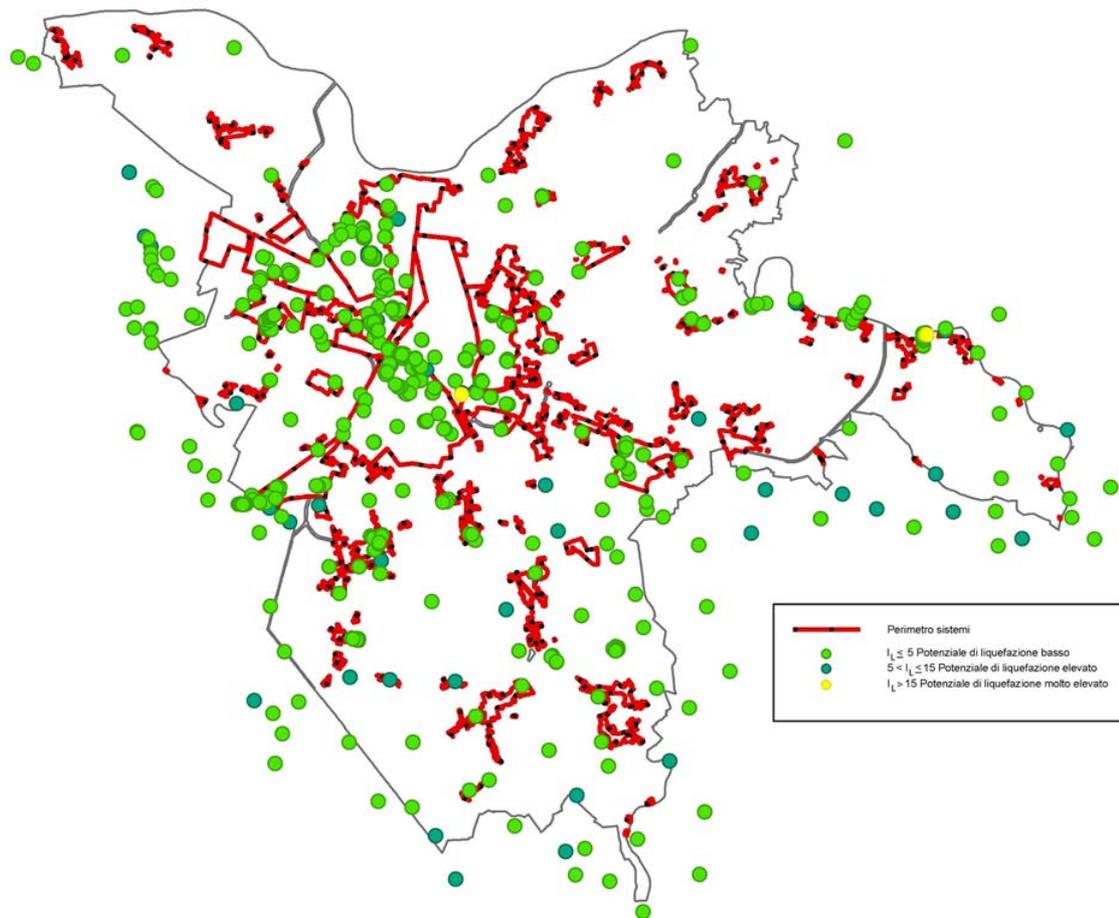


Figura 5.11 – Carta della valutazione locale del potenziale di liquefazione

5.2.4 Valutazione della suscettibilità dei terreni a manifestare cedimenti indotti da sisma dalle prove penetrometriche

La normativa regionale di riferimento per la pianificazione territoriale definisce potenzialmente suscettibili di fenomeni di eccessivo addensamento in caso di sisma quei depositi granulari da sciolti a poco addensati ovvero coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati rispettivamente da valori di $N_{SPT} < 15$ oppure di $c_u < 70$ kPa.

Per questo studio i valori di N_{SPT} e c_u sono stati ricavati da correlazioni empiriche riconosciute dalla letteratura tecnica, in funzione del valore della resistenza alla punta misurato nella corso delle prove CPT.



Per ricavare c_u a partire dalla misura della resistenza alla punta q_c è stata utilizzata la seguente espressione:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

dove σ_{v0} = tensione verticale totale; N_k = fattore di cono, assunto a favore di sicurezza pari 20.

La resistenza non drenata c_u è stata calcolata in funzione della q_c lungo tutta la verticale indagata in corrispondenza degli strati di materiale a grana fine.

Il valore di N_{SPT} è stato derivato attraverso due diverse correlazioni, la prima dovuta a Lunne et al. (1997), la seconda a Kulhany e Mayn (1990):

$$(1) \quad N_{SPT} = \frac{\frac{q_c}{P_a}}{8.5 \cdot \left(1 - \frac{I_c}{4.6}\right)}$$

$$(2) \quad N_{SPT} = \frac{\frac{q_c}{P_a}}{4.25 - \frac{FC}{41.3}}$$

dove: I_c indice di classificazione del terreno;

$FC = 1.375 I_c^3 - 3.5$ = contenuto di fine;

$P_a = P_{atm}$.

Lungo tutta la verticale indagata è stato calcolato il valore di N_{SPT} in funzione della q_c (secondo le due espressioni) in corrispondenza degli strati di materiale a grana grossa.

Per la generica verticale sono stati calcolati il valore medio di c_u in corrispondenza degli strati di terreno a grana fine e due valori medi di N_{SPT} per gli strati di terreno a grana grossa. Laddove per uno o più strati della stessa verticale siano stati ottenuti valori di $c_u < 70$ kPa o di $N_{SPT} < 15$ il sito è stato considerato potenzialmente soggetto ad eccessivi addensamenti o cedimenti di riconsolidazione in caso di sisma.

La Figura 5.12 rappresenta la Carta della valutazione locale della suscettibilità a cedimenti indotti da sisma. La carta riporta con simboli di diverso colore le verticali di indagine in cui il rischio di cedimenti indotti da sisma è risultato presente o assente.

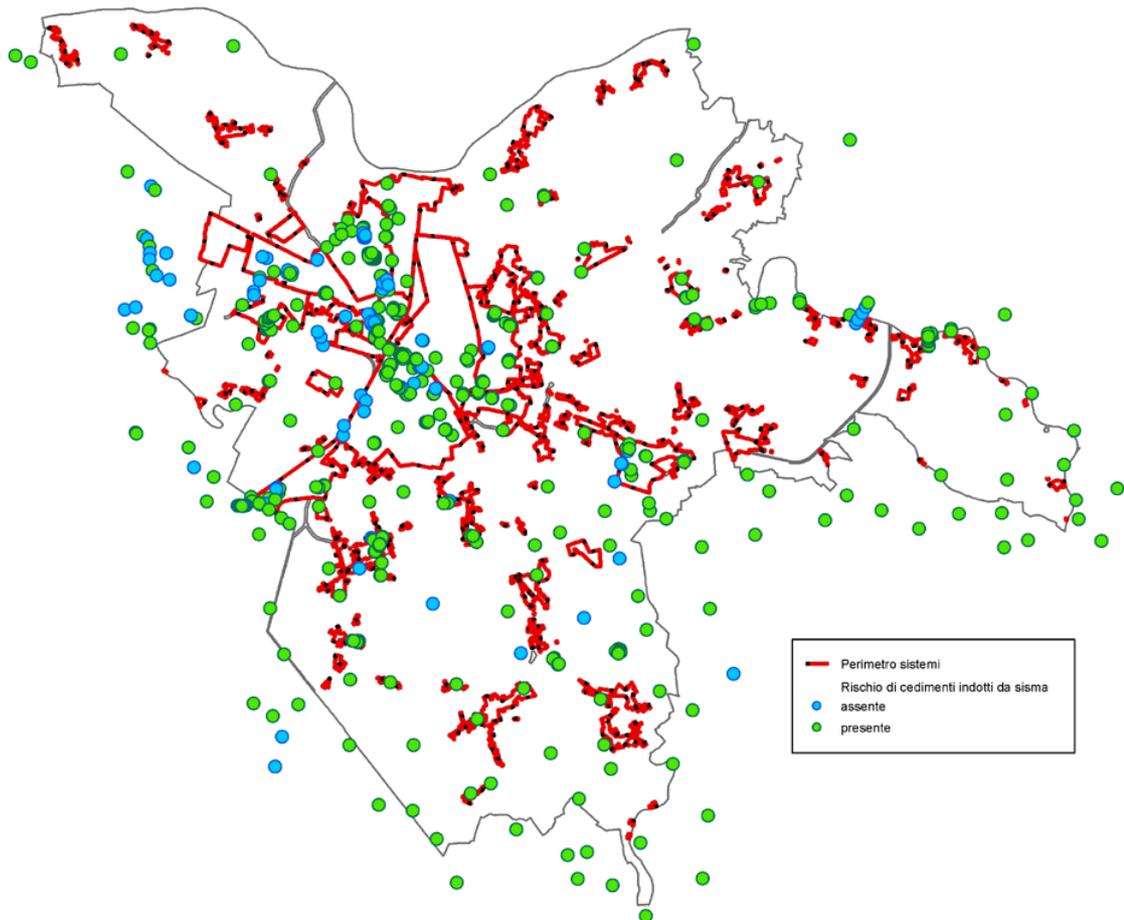


Figura 5.12– Carta della valutazione locale della suscettibilità a cedimenti indotti da sisma



6. SINTESI DEI RISULTATI

La Tabella 6.1 riassume i risultati di tutte le elaborazioni eseguite. Da essi si evince che:

- mediamente i terreni presenti nel territorio comunale ricadono nella “categoria di suolo di fondazione” C e D definite dalle NTC, ma localmente alcuni depositi sono risultati terreni di tipo S1;
- la $V_{s,30}$ è sempre risultata inferiore a 350 m/s, ovvero il fattore di amplificazione stratigrafica è risultato per tutti i punti di indagine pari a 1.5 (valore desunto dalla normativa regionale);
- la suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti nei siti indagati è risultata mediamente bassa, ma localmente sono stati calcolati valori del potenziale di liquefazione I_L elevati ($5 < I_L \leq 5$ nell’11% dei punti di indagine) o molto elevati ($I_L > 15$ nello 0.4% dei punti di indagine);
- nell’82% delle verticali di indagine i terreni presenti sono risultati suscettibili di cedimenti per addensamento o riconsolidazione indotti da sisma.

I risultati delle analisi svolte sono rappresentati nella Carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito, indicativa della effettiva pericolosità sismica locale. La carta riporta con simboli di diverso colore:

- le verticali di indagine in cui il potenziale di liquefazione I_L è risultato molto elevato ed il rischio di cedimenti indotti da sisma è risultato presente;
- le verticali di indagine in cui il potenziale di liquefazione I_L è risultato elevato ed il rischio di cedimenti indotti da sisma è risultato presente;
- le verticali di indagine in cui il potenziale di liquefazione I_L è risultato basso ed il rischio di cedimenti indotti da sisma è risultato presente;
- le verticali di indagine in cui il potenziale di liquefazione I_L è risultato basso ed il



rischio di cedimenti indotti da sisma è risultato assente;

- un retino esteso uniformemente su tutto territorio comunale rappresenta un elevato rischio di amplificazione stratigrafica del moto e delle sollecitazioni.

I risultati delle analisi condotti sono stati anche riassunti in tabelle di sintesi, una per ognuna 24 strutture insediative in cui PSC del Comune di Ferrara suddivide il territorio comunale. Nelle tabelle, allegate alla presente relazione, sono sintetizzati i potenziali rischi sismici legati alle caratteristiche litologiche e morfologiche locali. Esse contengono delle valutazioni generali sui terreni dell'intera struttura insediativa, e locali per i vari ambiti di trasformazione individuati dal PSC all'interno di ogni struttura, valutazioni sempre prudenziali, derivanti sia dalle considerazioni su scala territoriale svolte nella prima fase di analisi, che dalle valutazioni puntuali eseguite nella seconda fase.

Nelle tabelle vengono anche indicate per tutti gli ambiti soggetti a trasformazione le indagini geotecniche di approfondimento locale ritenute necessarie per i successivi livelli di pianificazione.

7. CONCLUSIONI

Gli studi volti alla “valutazione del rischio sismico delle aree edificate ed edificabili del PSC del Comune di Ferrara” sono stati condotti nella prima fase di analisi integrando le informazioni di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico, litologico contenute nelle carte tematiche comunali e provinciali; nella seconda fase di analisi sono stati aggiunti i risultati delle elaborazioni di 495 prove penetrometriche statiche variamente distribuite sul territorio comunale.

Le considerazioni su scala territoriale svolte nella prima fase di analisi, e le valutazioni puntuali eseguite nella seconda, hanno evidenziato un'estrema eterogeneità spaziale dei



terreni presenti nel territorio comunale. Sono state individuati tre ambienti morfologici-deposizionali principali, caratterizzati da simili proprietà meccaniche e dinamiche.

1. Ambiente dei paleoalvei, caratterizzato dalla presenza di corpi sabbiosi inclusi in macrostrati di terreni fini. Tali corpi sabbiosi, talvolta affioranti, spesso sepolti, si sviluppano linearmente seguendo i corsi degli alvei fluviali attivi o estinti; generalmente sono sormontati da decimetri di fanghi di chiusura dei canali.
2. Ambiente dei bacini interfluviali, costituito dalle aree di sedimentazione delle frazioni più fini. Tale ambito è caratterizzato dalla prevalenza di argille inorganiche, argille limose, limi argillosi laminati, argille organiche, con frequenti intercalazioni torbose.
3. Ambiente di transizione dalle zone di paleoalveo a quelle dei bacini interfluviali, caratterizzato da alternanze di materiali fini e lenti sabbiose.

I depositi descritti sono suscettibili di effetti di sito in caso di sisma, tra i quali vi sono l'amplificazione stratigrafica, i cedimenti per riconsolidazione e/o addensamento, la liquefazione. In particolare il fattore di amplificazione stratigrafica (indice della tendenza di un deposito ad amplificare il moto sismico) è risultato per tutti i punti di indagine pari a 1.5, massimo valore atteso nella zona secondo la normativa regionale di riferimento. La suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti nei siti indagati è risultata mediamente bassa, localmente elevata o molto elevata. I depositi presenti sono risultati mediamente suscettibili di cedimenti per addensamento o riconsolidazione indotti da sisma.

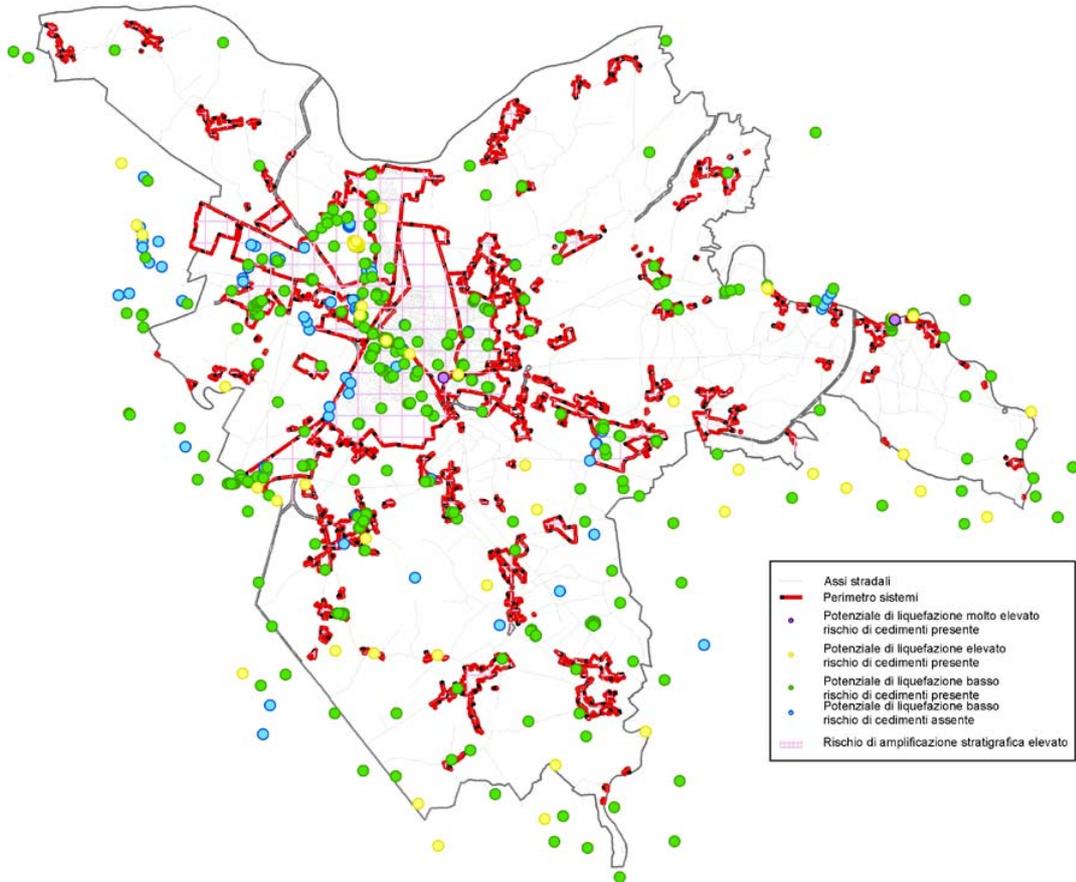


Figura 5.1 – Carta di sintesi delle valutazioni locali degli effetti di sito



Tabella 6.1 – Risultati delle elaborazioni condotte sulle prove CPT (*M), CPTu (* U)

Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
U503	185060U503	U	1.5	C	1.57	Presente
U504	185060U504	U	1.5	D	1.45	Presente
U502	185070U502	U	1.5	C	4.92	Presente
U502	185100U502	U	1.5	D	6.61	Presente
U501	185110U501	U	1.5	D	2.95	Presente
U501	185120U501	U	1.5	D	3.40	Presente
U502	185140U502	U	1.5	D	0.74	Presente
U504	185140U504	U	1.5	D	2.32	Presente
U501	185150U501	U	1.5	D	1.98	Presente
U502	185150U502	U	1.5	D	3.99	Presente
U501	185160U501	U	1.5	D	0.55	Presente
U502	185160U502	U	1.5	D	1.33	Presente
U503	185160U503	U	1.5	D	2.23	Presente
U504	185160U504	U	1.5	D	0.00	Presente
U501	186050U501	U	1.5	D	0.00	Presente
U501	186090U501	U	1.5	D	4.10	Presente
U501	186100U501	U	1.5	D	0.11	Presente
U501	186130U501	U	1.5	D	1.77	Presente
U502	186130U502	U	1.5	D	1.20	Presente
U503	186130U503	U	1.5	C	5.41	Presente
U501	186140U501	U	1.5	D	0.00	Presente
U502	186140U502	U	1.5	D	0.10	Presente
U501	186150U501	U	1.5	D	2.25	Presente
U503	186150U503	U	1.5	D	0.28	Presente
U501	203030U501	U	1.5	D	3.63	Presente
U502	203030U502	U	1.5	D	3.04	Presente
U506	203030U506	U	1.5	C	3.71	Presente
U507	203030U507	U	1.5	D	7.01	Presente
U509	203030U509	U	1.5	D	3.22	Presente
U503	203040U503	U	1.5	D	1.36	Presente
U501	203040U501	U	1.5	C	3.85	Presente
U502	203040U502	U	1.5	C	4.71	Assente
U505	203040U505	U	1.5	D	1.49	Presente
U506	203040U506	U	1.5	C	0.90	Presente
U507	203040U507	U	1.5	C	12.03	Presente
U508	203040U508	U	1.5	C	8.87	Presente
U509	203040U509	U	1.5	C	6.74	Presente
U501	203070U501	U	1.5	D	5.18	Presente
U502	203070U502	U	1.5	D	4.20	Presente
U507	203070U507	U	1.5	C	2.23	Assente
U508	203070U508	U	1.5	D	8.14	Presente
U504	203080U504	U	1.5	D	5.79	Presente
U505	203080U505	U	1.5	C	2.31	Assente
U501	203080U501	U	1.5	D	2.74	Presente
U502	203080U502	U	1.5	D	3.17	Presente
U503	203080U503	U	1.5	D	0.36	Presente
U506	203080U506	U	1.5	D	5.82	Presente
U507	203080U507	U	1.5	D	3.13	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
U508	203080U508	U	1.5	D	1.85	Presente
U509	203080U509	U	1.5	D	1.08	Presente
U502	203120U502	U	1.5	D	11.28	Presente
U506	203120U506	U	1.5	D	0.67	Presente
U507	203120U507	U	1.5	D	5.76	Presente
U509	203120U509	U	1.5	D	5.46	Presente
U503	204010U503	U	1.5	D	1.75	Presente
U505	204010U505	U	1.5	D	3.51	Presente
U506	204010U506	U	1.5	D	14.23	Presente
U509	204010U509	U	1.5	D	1.38	Presente
U515	204010U515	U	1.5	D	6.03	Presente
U511	204010U511	U	1.5	D	2.26	Presente
U512	204010U512	U	1.5	D	4.00	Presente
U501	204020U501	U	1.5	D	0.30	Presente
U502	204020U502	U	1.5	C	8.43	Presente
U506	204020U506	U	1.5	C	6.30	Presente
U511	204020U511	U	1.5	D	5.14	Presente
U514	204020U514	U	1.5	D	10.62	Presente
U509	204020U509	U	1.5	D	8.30	Presente
U510	204020U510	U	1.5	D	0.66	Presente
U501	204030U501	U	1.5	D	1.91	Presente
U502	204030U502	U	1.5	D	3.93	Presente
U503X	204030U503X	U	1.5	C	7.27	Presente
U504	204030U504	U	1.5	D	3.51	Presente
U515	204030U515	U	1.5	D	4.29	Presente
U511	204030U511	U	1.5	D	2.72	Presente
U510	204030U510	U	1.5	D	3.85	Presente
U513	204030U513	U	1.5	D	2.75	Presente
U501	204050U501	U	1.5	D	1.95	Presente
U502	204050U502	U	1.5	D	1.84	Presente
U503	204050U503	U	1.5	C	1.11	Assente
U504	204050U504	U	1.5	D	1.85	Presente
U507	204050U507	U	1.5	D	3.15	Presente
U510	204050U510	U	1.5	D	3.05	Presente
U511X	204050U511X	U	1.5	D	3.34	Presente
U501	204090U501	U	1.5	D	1.05	Presente
U502	204090U502	U	1.5	D	4.07	Presente
U504	204090U504	U	1.5	D	3.19	Presente
U505	204090U505	U	1.5	D	0.45	Presente
U509	204090U509	U	1.5	D	2.59	Presente
U510	204090U510	U	1.5	D	3.39	Presente
U514	204090U514	U	1.5	D	2.31	Presente
U01	Bardella	M	1.5	D	1.26	Presente
U02	Baedella	M	1.5	D	4.53	Presente
U13	Prog1250	M	1.5	D	0.12	Presente
U03	Betto	M	1.5	D	0.71	Presente
U04	Betto	M	1.5	D	2.35	Presente
U05	Confortino	M	1.5	D	0.85	Presente
U06	Confortino	M	1.5	D	0.46	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
U14	Resistenza	M	1.5	D	1.29	Presente
U15	Prog3800	M	1.5	D	1.73	Presente
U07	Mizzana	M	1.5	D	5.25	Presente
U08	Mizzana	M	1.5	D	1.22	Presente
U09	FS	M	1.5	C	8.44	Presente
U10	FS	M	1.5	C	0.41	Assente
U11	AreaAttracco	M	1.5	D	0.36	Presente
U12	AreaAttracco	M	1.5	D	4.27	Presente
U16	SGiacomo	M	1.5	D	3.50	Presente
U17	SGiacomo	M	1.5	D	2.57	Presente
U18	Pace	M	1.5	D	2.63	Presente
U19	Pace	M	1.5	D	1.78	Presente
U20	PortaReno	M	1.5	C	7.77	Presente
U21	SGiorgio	M	1.5	C	14.40	Presente
U22	SGiorgio	M	1.5	C	20.42	Presente
U24	Caldirololo	M	1.5	D	3.72	Presente
U23	Caldirololo	M	1.5	D	10.64	Presente
U504	203030U504	U	1.5	D	1.51	Presente
U504	204010U504	U	1.5	C	3.28	Assente
U507	204010U507	U	1.5	C	1.05	Assente
U508	204010U508	U	1.5	D	2.90	Presente
U505	204050U505	U	1.5	D	8.13	Presente
U512	204050U512	U	1.5	D	5.56	Presente
U1	Add1	U	1.5	D	3.04	Presente
U2	Add2	U	1.5	D	3.58	Presente
U3	Add3	U	1.5	D	2.40	Presente
U3	Foss3	U	1.5	D	14.68	Presente
U1	Foss1	U	1.5	D	1.12	Presente
U2	Foss2	U	1.5	D	5.48	Presente
U1	Sabb1	U	1.5	C	2.11	Presente
U2	Sabb2	U	1.5	C	11.37	Presente
U1	SEF1	U	1.5	D	2.75	Presente
U2	SEF2	U	1.5	D	4.80	Presente
U3	SEF3	U	1.5	D	4.49	Presente
U4	SEF4	U	1.5	D	6.11	Presente
U5	SEF5	U	1.5	D	3.89	Presente
U6	SEF6	U	1.5	D	3.57	Presente
U7	SEF7	U	1.5	D	3.69	Presente
U8	SEF8	U	1.5	D	5.82	Presente
U9	SEF9	U	1.5	D	6.79	Presente
U10	SEF10	U	1.5	D	6.19	Presente
U11	SEF11	U	1.5	D	4.95	Presente
U13	SEF13	U	1.5	D	8.14	Presente
U14	SEF14	U	1.5	D	5.95	Presente
U15	SEF15	U	1.5	D	5.73	Presente
U16	SEF16	U	1.5	D	3.25	Presente
U17	SEF17	U	1.5	D	6.38	Presente
U18	SEF18	U	1.5	D	3.50	Presente
U19	SEF19	U	1.5	D	5.81	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
U20	SEF20	U	1.5	D	9.29	Presente
U22	SEF22	U	1.5	D	5.60	Presente
U23	SEF23	U	1.5	D	5.67	Presente
U24	SEF24	U	1.5	D	8.51	Presente
U25	SEF25	U	1.5	D	6.09	Presente
U26	SEF26	U	1.5	D	6.96	Presente
CPT02	12A12	M	1.5	C	0.11	Assente
CPT1/3	12L15	M	1.5	D	1.09	Presente
CPT6	12L14	M	1.5	D	0.70	Presente
CPT1/2	12H3	M	1.5	D	1.88	Presente
CPT1	12M8	M	1.5	D	1.27	Presente
CPT3	12N10	M	1.5	C	0.03	Assente
CPT1/2	12N12	M	1.5	C	5.21	Presente
CPT1	SvincoloCona	M	1.5	C	0.07	Assente
SCPTU1	Sabbbis	U	1.5	D	20.30	Presente
CPTU2	Sabbbis	U	1.5	D	10.23	Presente
CPT9	ExDist	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT10	ExDist	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	VigaranoCirc	M	1.5	C	6.50	Presente
CPT2	VigaranoCirc	M	1.5	C	1.29	Assente
CPT3	VigaranoCirc	M	1.5	C	5.81	Presente
CPT4	VigaranoCirc	M	1.5	C	0.75	Assente
CPT5	VigaranoCirc	M	1.5	C	0.28	Assente
CPT6	VigaranoCirc	M	1.5	C	2.08	Presente
CPT8	VigaranoCirc	M	1.5	C	4.44	Assente
CPT3	FS	M	1.5	D	0.10	Presente
CPT1	FS	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	FS	M	1.5	D	0.00	Presente
CPTU1	Idro LottoII	U	1.5	D	1.48	Presente
CPTU2	Idro LottoII	U	1.5	D	5.90	Presente
CPTU3	Idro LottoII	U	1.5	D	0.74	Presente
CPT15	PIP EXedil	M	1.5	D	0.01	Presente
CPT18	PIP EXedil	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	Bretella	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	Bretella	M	1.5	D	0.38	Presente
CPT1	NearIppodro	M	1.5	C	0.78	Assente
CPT2	NearIppodro	M	1.5	C	0.87	Assente
CPT3	NearIppodro	M	1.5	C	0.90	Assente
CPT4	NearIppodro	M	1.5	D	0.37	Presente
CPT1	Mizzana	M	1.5	C	0.18	Assente
CPT2	Mizzana	M	1.5	C	0.08	Assente
CPT1	TorreFossa	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	TorreFossa	M	1.5	C	0.00	Presente
CPT3	TorreFossa	M	1.5	C	0.00	Presente
CPT1	Corlo	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	Incubatore	M	1.5	D	0.35	Presente
CPT2	Incubatore	M	1.5	D	0.12	Presente
CPT3	Incubatore	M	1.5	D	1.04	Presente
CPT4	Incubatore	M	1.5	D	2.98	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT5	Incubatore	M	1.5	D	0.20	Presente
CPTU1	Ex Riseria	U	1.5	D	0.30	Presente
CPTU2	Ex Riseria	U	1.5	D	0.03	Presente
CPTU3	Ex Riseria	U	1.5	D	0.15	Presente
CPTU4	Ex Riseria	U	1.5	D	0.16	Presente
CPTU5	Ex Riseria	U	1.5	D	1.41	Presente
CPT12	Archeologico	M	1.5	D	1.00	Presente
CPT14	Archeologico	M	1.5	D	0.57	Presente
CPT27	Archeologico	M	1.5	D	1.84	Presente
CPT4	Archeologico	M	1.5	C	2.49	Presente
CPT1	AGEA_Termo	M	1.5	D	0.55	Presente
CPTu1	Cispadana96	U	1.5	D	0.49	Presente
CPTu2	Cispadana96	U	1.5	C	0.67	Assente
CPTu3	Cispadana96	U	1.5	D	0.22	Presente
CPTu4	Cispadana96	U	1.5	C	3.71	Assente
CPTu5	Cispadana96	U	1.5	D	0.20	Presente
CPTu6	Cispadana96	U	1.5	D	0.08	Presente
CPTu7	Cispadana96	U	1.5	D	0.25	Presente
CPTu8	Cispadana96	U	1.5	D	0.15	Presente
CPTu9	Cispadana96	U	1.5	D	0.35	Presente
CPTu10	Cispadana96	U	1.5	D	0.41	Presente
CPTu11	Cispadana96	U	1.5	C	0.19	Assente
CPTu12	Cispadana96	U	1.5	D	1.08	Presente
CPTu13	Cispadana96	U	1.5	D	0.20	Presente
CPTu14	Cispadana96	U	1.5	D	0.01	Presente
CPTu18	Cispadana96	U	1.5	D	0.38	Presente
CPTu19	Cispadana96	U	1.5	C	0.88	Assente
CPTu20	Cispadana96	U	1.5	C	0.87	Assente
CPTu21	Cispadana96	U	1.5	D	0.81	Presente
CPTu22	Cispadana96	U	1.5	C	0.99	Assente
CPTu23	Cispadana96	U	1.5	D	0.30	Presente
CPT2	CasaGenerosa	M	1.5	D	0.08	Presente
CPT1	CasaGenerosa	M	1.5	D	0.17	Presente
CPT1	Cispadana01	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	Cispadana01	M	1.5	C	0.00	Assente
SCPTu2	CISPADANA06	U	1.5	D	1.06	Presente
SCPTu1	CISPADANA06	U	1.5	D	1.62	Presente
CPT1	IDROVBAURA	M	1.5	D	1.06	Presente
CPT2	IDROVBAURA	M	1.5	D	1.09	Presente
CPT3	IDROVBAURA	M	1.5	D	1.00	Presente
CPT4	IDROVBAURA	M	1.5	D	2.23	Presente
CPT1	OspedaleCona	M	1.5	D	0.66	Presente
CPT2	OspedaleCona	M	1.5	D	1.19	Presente
CPT13	CPTBN13	M	1.5	D	0.04	Presente
CPT01	CPTVM01	M	1.5	C	0.37	Assente
CPT02	CPTVM02	M	1.5	C	0.06	Assente
CPT03	CPTVM03	M	1.5	C	0.02	Assente
CPT04	CPTVM04	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT14	CPTPR14	M	1.5	D	2.56	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT10	CPTPR10	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT09	CPTPR09	M	1.5	D	0.21	Presente
CPT08	CPTPR08	M	1.5	C	0.03	Assente
CPT06	CPTPR06	M	1.5	D	1.55	Presente
CPT07	CPTPR07	M	1.5	D	1.02	Presente
CPT1	63985/05	M	1.5	D	0.70	Presente
CPT2	63985/05	M	1.5	D	0.44	Presente
CPT3	63985/05	M	1.5	D	0.99	Presente
CPT4	63985/05	M	1.5	D	1.05	Presente
CPT5	63985/05	M	1.5	D	0.68	Presente
CPT6	63985/05	M	1.5	D	1.85	Presente
CPT1	95709/06	M	1.5	C	0.63	Assente
CPT1	49114/06	M	1.5	D	0.31	Presente
CPT1	68300/07	M	1.5	D	0.51	Presente
CPT1	61476/07	M	1.5	D	0.94	Presente
CPT2	61476/07	M	1.5	D	1.17	Presente
CPT1	49380/07	M	1.5	D	0.43	Presente
CPT2	49380/07	M	1.5	D	0.56	Presente
CPT3	49380/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	82081/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	82081/07	M	1.5	D	0.29	Presente
CPT3	82081/07	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT4	82081/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	59512/07	M	1.5	D	1.33	Presente
CPT2	59512/07	M	1.5	C	3.12	Assente
CPT2	101560/07	M	1.5	C	0.66	Presente
CPT1	60335/07	M	1.5	D	1.20	Presente
CPT2	60335/07	M	1.5	D	0.41	Presente
CPT1	34282/05	M	1.5	C	0.60	Presente
CPT2	34282/05	M	1.5	D	0.24	Presente
CPT3	34282/05	M	1.5	D	0.28	Presente
CPT4	34282/05	M	1.5	D	0.69	Presente
CPT5	34282/05	M	1.5	D	1.06	Presente
CPT1	47754/07	M	1.5	D	0.82	Presente
CPT3	47754/07	M	1.5	D	1.47	Presente
CPT1	1737/07	M	1.5	C	0.93	Presente
CPT2	1737/07	M	1.5	D	1.07	Presente
CPT3	1737/07	M	1.5	D	0.54	Presente
CPT1	93015/06	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	93015/06	M	1.5	C	0.34	Assente
CPT3	93015/06	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT1	60327/07	M	1.5	D	0.93	Presente
CPT2	60327/07	M	1.5	D	0.33	Presente
CPT1	30041/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	30041/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT3	30041/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT4	30041/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT5	30041/07	M	1.5	D	0.41	Presente
CPT1	80944/05	M	1.5	C	0.06	Assente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT2	80944/05	M	1.5	C	0.04	Assente
CPT3	80944/05	M	1.5	C	0.00	Presente
CPT1	62907/07	M	1.5	D	0.15	Presente
CPT2	62907/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT3	62907/07	M	1.5	D	0.22	Presente
CPT1	58124/07	M	1.5	D	0.27	Presente
CPT2	58124/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	80473/07	M	1.5	D	0.32	Presente
CPT1	33679/07	M	1.5	C	0.61	Presente
CPT2	33679/07	M	1.5	D	2.29	Presente
CPT1	85821/07	M	1.5	D	0.46	Presente
CPT2	85821/07	M	1.5	D	0.57	Presente
CPT4	85821/07	M	1.5	D	1.34	Presente
CPT5	85821/07	M	1.5	D	0.05	Presente
CPT1	52093/05	M	1.5	D	0.58	Presente
CPT2	52093/05	M	1.5	D	0.06	Presente
CPT3	52093/05	M	1.5	C	0.00	Presente
CPT4	52093/05	M	1.5	D	0.27	Presente
CPT1	14659/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	14659/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	tangen_est_o	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	tangen_est_o	M	1.5	C	0.44	Assente
CPT3	tangen_est_o	M	1.5	C	0.18	Assente
CPT4	tangen_est_o	M	1.5	C	0.18	Assente
CPT5	tangen_est_o	M	1.5	C	0.62	Assente
CPT6	tangen_est_o	M	1.5	C	0.17	Assente
CPT1	58703/06	M	1.5	D	0.07	Presente
CPT2	58703/06	M	1.5	D	1.23	Presente
CPT3	58703/06	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	64126/06	M	1.5	C	0.02	Presente
CPT2	64126/06	M	1.5	D	0.08	Presente
CPT3	64126/06	M	1.5	C	0.34	Presente
CPT4	64126/06	M	1.5	D	0.23	Presente
CPT1	84423/05	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT1	82272/05	M	1.5	D	1.40	Presente
CPT1	34097/06	M	1.5	D	0.36	Presente
CPT2	34097/06	M	1.5	D	0.01	Presente
CPT1	30732/06	M	1.5	D	0.39	Presente
CPT1	45238/05	M	1.5	D	1.39	Presente
CPT2	45238/05	M	1.5	D	1.97	Presente
CPT1	97763/04	M	1.5	D	1.01	Presente
CPT2	97763/04	M	1.5	D	0.20	Presente
CPT1	48032/06	M	1.5	D	0.63	Presente
CPT2	48032/06	M	1.5	D	0.30	Presente
CPT1	48032/06	M	1.5	D	0.72	Presente
CPT2	48032/06	M	1.5	D	1.33	Presente
CPT1	65636/05	M	1.5	D	0.08	Presente
CPT2	65636/05	M	1.5	D	0.52	Presente
CPT1	30730/06	M	1.5	D	0.95	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT1	2026/06	M	1.5	C	0.01	Assente
CPT1	41101/07	M	1.5	D	0.17	Presente
CPT1	33900/05	M	1.5	D	5.50	Presente
CPT1	54671/05	M	1.5	D	1.04	Presente
CPT2	54671/05	M	1.5	D	0.32	Presente
CPT3	54671/05	M	1.5	D	0.65	Presente
CPT4	54671/05	M	1.5	D	0.82	Presente
CPT2	76663/06	U	1.5	D	1.76	Presente
CPT3	76663/06	U	1.5	D	2.02	Presente
CPT4	76663/06	U	1.5	D	4.75	Presente
CPT5	76663/06	U	1.5	D	6.92	Presente
CPT1	6522/07	M	1.5	D	2.86	Presente
CPT2	6522/07	M	1.5	D	1.40	Presente
CPT3	6522/07	M	1.5	C	0.34	Assente
CPT4	6522/07	M	1.5	C	0.64	Presente
CPT1	70615/05	M	1.5	D	0.44	Presente
CPT2	70615/05	M	1.5	D	0.11	Presente
CPT1	89318/05	M	1.5	D	0.82	Presente
CPT1	1.00 AM	M	1.5	D	0.14	Presente
CPT1	4783/06	M	1.5	D	0.14	Presente
CPT2	4783/06	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT3	4783/06	M	1.5	D	0.08	Presente
CPT1	55576/03	M	1.5	D	0.70	Presente
CPT2	55576/03	M	1.5	D	0.29	Presente
CPT3	55576/03	M	1.5	D	0.16	Presente
CPT4	55576/03	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT5	55576/03	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	78959/05	M	1.5	D	0.15	Presente
CPT1	2 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	2 A	M	1.5	D	0.38	Presente
CPT3	2 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	5 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	5 A	M	1.5	C	0.32	Assente
CPT3	5 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT4	5 A	M	1.5	C	0.01	Assente
CPT1	6 A	M	1.5	D	0.86	Presente
CPT2	6 A	M	1.5	D	0.80	Presente
CPT3	6 A	M	1.5	D	0.10	Presente
CPT4	6 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT3	7 A	M	1.5	D	0.50	Presente
CPT8	7 A	M	1.5	D	2.20	Presente
CPT7	7 A	M	1.5	C	0.93	Presente
CPT6	7 A	M	1.5	D	0.31	Presente
CPT2	7 A	M	1.5	C	1.70	Assente
CPT5	7 A	M	1.5	D	0.35	Presente
CPT1	7 A	M	1.5	D	0.62	Presente
CPT4	7 A	M	1.5	D	0.49	Presente
CPT1	3 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	3 A	M	1.5	D	0.25	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT3	3 A	M	1.5	D	0.20	Presente
CPT4	3 A	M	1.5	D	0.03	Presente
CPT5	3 A	M	1.5	D	0.16	Presente
CPT6	3 A	M	1.5	C	0.23	Presente
CPT7	3 A	M	1.5	D	0.24	Presente
CPT8	4 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT7	4 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT9	4 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT12	9 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT11	9 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT10	9 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT9	9 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT8	9 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	10 A	M	1.5	D	0.18	Presente
CPT2	10 A	M	1.5	D	0.62	Presente
CPT8	10 A	M	1.5	C	0.88	Presente
CPT7	10 A	M	1.5	C	0.26	Presente
CPT6	10 A	M	1.5	C	0.85	Presente
CPT5	10 A	M	1.5	C	0.16	Presente
CPT4	10 A	M	1.5	C	0.36	Presente
CPT3	10 A	M	1.5	C	0.23	Presente
CPT1	11 A	M	1.5	D	0.29	Presente
CPT2	11 A	M	1.5	C	0.22	Presente
CPT3	11 A	M	1.5	C	0.01	Assente
CPT4	11 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT5	11 A	M	1.5	C	0.01	Assente
CPT1	12 A	M	1.5	D	0.61	Presente
CPT2	12 A	M	1.5	D	0.03	Presente
CPT3	2 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	13 A	M	1.5	C	0.19	Assente
CPT2	13 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT3	13 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT4	13 A	M	1.5	D	0.00	Assente
CPT5	13 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT1	15 A	M	1.5	D	1.56	Presente
CPT2	15 A	M	1.5	D	0.35	Presente
CPT3	15 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT1	17204/04	M	1.5	D	0.94	Presente
CPT2	17204/04	M	1.5	C	1.48	Assente
CPT3	17204/04	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT1	101756/06	M	1.5	D	0.49	Presente
CPT1	14 A Elletip	M	1.5	D	1.07	Presente
CPT1	14 A Sandon	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	14 A Sandon	M	1.5	C	0.92	Presente
CPT2	21 A	M	1.5	C	0.30	Assente
CPT3	21 A	M	1.5	D	0.04	Presente
CPT1	37024/06	M	1.5	D	0.16	Presente
CPT1	35267/04	M	1.5	D	0.33	Presente
CPT2	35267/04	M	1.5	C	0.41	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I _L	Rischio cedimenti
CPT3	35267/04	M	1.5	C	0.29	Presente
CPT4	35267/04	M	1.5	C	0.00	Presente
CPT1	95162/05	M	1.5	D	1.46	Presente
CPT2	95162/05	M	1.5	C	0.35	Assente
CPT1	16 A	M	1.5	D	0.32	Presente
CPT1	17 A	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	17 A	M	1.5	C	0.74	Presente
CPT3	17 A	M	1.5	D	0.95	Presente
CPT4	17 A	M	1.5	D	1.62	Presente
CPT5	17 A	M	1.5	C	1.79	Assente
CPT6	17 A	M	1.5	D	0.52	Presente
CPT13	17 A	M	1.5	D	2.18	Presente
CPT14	17 A	M	1.5	D	0.92	Presente
CPT15	17 A	M	1.5	C	0.56	Assente
CPT16	17 A	M	1.5	C	0.13	Assente
CPT1	19 A	M	1.5	C	0.15	Presente
CPT1	20 A	M	1.5	C	0.92	Assente
CPT2	20 A	M	1.5	C	0.11	Presente
CPT3	20 A	M	1.5	C	1.66	Assente
CPT4	20 A	M	1.5	C	0.22	Assente
CPT5	20 A	M	1.5	C	0.04	Presente
CPT3	22 A	M	1.5	C	0.76	Assente
CPT4	22 A	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT5	22 A	M	1.5	C	2.75	Assente
CPT6	22 A	M	1.5	D	0.95	Presente
CPT1	VIA WAGNER	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	VIA WAGNER	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT3	VIA WAGNER	M	1.5	D	0.09	Presente
CPT1	parofin	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT2	parofin	M	1.5	C	0.00	Assente
CPT1	78111/07	M	1.5	D	0.00	Presente
CPT2	78111/07	M	1.5	C	0.07	Assente
CPT3	78111/07	M	1.5	D	0.51	Presente
1CPT1	185110	M	1.5	D	0.00	Presente
2CPT2	185110	M	1.5	D	1.00	Presente
4CPT2	185150	M	1.5	D	0.00	Presente
5CPT1	185150	M	1.5	C	0.24	Presente
14CPT3	185150	M	1.5	C	0.67	Assente
15CPT4	185150	M	1.5	C	0.73	Assente
16CPT3	185110	M	1.5	C	0.04	Assente
17CPT4	185110	M	1.5	D	0.39	Presente
34CPT9	186140	M	1.5	D	1.07	Presente
35CPT1	186140	M	1.5	S1	0.03	Presente
36CPT2	186140	M	1.5	S1	0.00	Presente
37CPT3	186140	M	1.5	S1	0.03	Presente
38CPT4	186140	M	1.5	S1	0.00	Presente
39CPT5	186140	M	1.5	S1	0.00	Presente
40CPT6	186140	M	1.5	S1	0.00	Presente
41CPT7	186140	M	1.5	S1	0.29	Presente



Codice	Sigla	Tipo*	F.A.	Categoria sito	I_L	Rischio cedimenti
33CPT8	186140	M	1.5	D	1.35	Presente
80CPT4	203030	M	1.5	D	0.21	Presente
81CPT3	203030	M	1.5	D	9.20	Presente
82CPT2	203030	M	1.5	D	0.00	Presente
83CPT1	203030	M	1.5	D	8.14	Presente
97CPT1	186150	M	1.5	D	0.03	Presente



ALLEGATI