



COMUNE DI BORGONOVO VAL TIDONE
PROVINCIA DI PIACENZA

Progetto di :
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.) DI INIZIATIVA PRIVATA
"AMBITO STRADA RIAZZOLO"
COMPARTO PRODUTTIVO SCHEDA P.O.C. N. 18

Località : Borgonovo Val Tidone

Committente :
TRESPIDI ANTILLA
Via LUIGI GERRA n. 02
29100 Piacenza

Progettista:
Dott. Geol. N. CAVANNA
Via Degani, 9a (PC)
29121 PIACENZA

Allegato n° 15

Scala : _____

Data : GENNAIO 2015

Relazione geologica

il committente :

il progettista :

il progettista :

SOMMARIO

1.0 - INTRODUZIONE	3
2.0. – ANALISI TERRITORIALE	4
2.1. – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
2.2. – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO	7
2.3. - ASPETTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	10
3.0. - INQUADRAMENTO LEGISLATIVO DI SUPPORTO	14
3.1. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO STATALE	14
3.2. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO REGIONALE	14
3.3. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO PROVINCIALE	15
3.4. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO COMUNALE	17
4.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	18
5.0 – PROSPEZIONI SISMICHE	19
5.1 – SISMICA A RIFRAZIONE	20
5.1.1 - <i>Cenni Metodologici</i>	20
5.1.2 - <i>Modalità esecutive</i>	20
5.1.3 - <i>Strumentazione utilizzata</i>	21
5.1.4 - <i>Sismografo “Echo 12-24” e sistema di acquisizione dati</i>	21
5.1.5 – <i>Elaborazione dati</i>	22
5.1.6 - <i>Analisi dei risultati</i>	23
5.2 – PROVA “MASW”	24
5.2.1 - <i>Cenni Metodologici</i>	24
5.2.2 - <i>Modalità esecutive</i>	26
5.2.3 - <i>Elaborazione dati</i>	26
5.2.4 - <i>Analisi dei risultati</i>	27
5.2.5 – <i>Considerazioni Finali</i>	27
5.3. – REGISTRAZIONE MICROTREMORI	28
5.3.1 - <i>Metodologia d’indagine</i>	28
5.3.2 - <i>Categoria di suolo</i>	28
5.3.3 - <i>Elaborati dati d’indagine</i>	29
5.3.4 - <i>Analisi delle risultanze</i>	30
6.0. – PROVE PENETROMETRICHE	31
6.1. – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM)	32
6.2. – PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)	33
7.0 – STRATIGRAFIA POZZI AD USO ACQUEDOTTISCO	34
8.0 – DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE	35
9.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA’ LITOTECNICHE INDIVIDUATE	36
10.0. - CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA SISMICITA’ DEL TERRITORIO	37
10.1. - INTRODUZIONE	37
10.2. - STRUMENTI DI PREVENZIONE SISMICA	38
10.3. - NORMATIVA SISMICA NAZIONALE	39
10.4. - DIRETTIVE REGIONALI: L’EMILIA ROMAGNA	42

11.0. - CONSIDERAZIONI LOCALI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO	44
11.1 - CENNI SULLA SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO	44
11.2. - ZONE SISMICHE	46
11.3. - ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	48
11.4. – COMPATIBILITÀ SISMICA DELL'AREA OGGETTO DI PUA	50
11.4.1 - <i>Categoria di sottosuolo</i>	53
11.4.2 – <i>Liquefazione dei terreni</i>	55
11.4.3. - <i>Primo livello di approfondimento</i>	59
11.4.4 - <i>Secondo livello di approfondimento</i>	62
12.0 – RIUSO E RECUPERO DALL'AREA "EX LAGHETTO"	63
13.0 - CONCLUSIONI.....	65

ALLEGATO 1	Planimetria ubicazione sondaggi geognostici
ALLEGATO 2	Prospezione sismica HVSR - risultanze
ALLEGATO 3	Certificati prove penetrometriche dinamiche DPM
ALLEGATO 4	Certificati prove penetrometriche statiche CPT
ALLEGATO 5	Certificati stratigrafie pozzi

Principale bibliografia consultata

- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e cartografia allegata (adottato in data 16.02.2009 con atto di D.C.P. n° 17 ed approvato in data 02.07.2010 con atto di D.C.P. n° 69).*
- *Piano Strutturale Comunale approvato con delibera del Consiglio Comunale. n° 23, del 17 maggio 2007;*
- *La sismicità del territorio provinciale, U.O. Difesa del Suolo e Protezione Civile RER.*

1.0 - INTRODUZIONE

Su incarico della Sig.ra Trespidi Antilla, è stato realizzato uno studio specifico per la valutazione di compatibilità geologico-sismica a corredo del PIANO URBANISTICO ATTUATIVO di iniziativa privata relativo all'Area di Trasformazione Produttiva denominata "Ambito Strada Riazzolo" (POC n° 18" - Comparto 1), sita in località "Borgonovo Val Tidone" (PC).

Le indagini e gli elaborati realizzati sono stati prodotti in conformità alle vigenti disposizioni legislative, tra cui le principali:

- Circolare Regionale n° 3891 21/03/1974;
- Legge Regionale n° 47 del 07/12/1978;
- Legge Regionale n° 23 del 29/03/1980;
- Decreto Ministeriale n° 6 del 21/01/1981;
- Circolare Ministeriale n° 25310 del 09/12/1982;
- Circolare Regionale n° 1288 del 12/02/1983;
- Decreto Presidente della Repubblica n° 236 del 24/05/1988;
- Decreto Ministeriale L.L.P.P. del 11/03/1988;
- Circolare attuativa n° 30483 del 24/09/1988;
- Decreto Ministeriale del 14 settembre 2005;
- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008;
- Delibera Assemblea Legislativa RER progr. n° 112 del 02/05/2007.

Nell'ambito dell'incarico l'analisi è stata condotta adottando la seguente metodologia:

- **ricerche bibliografiche** preliminari: esame di fotografie aeree, reperimento dati disponibili relativi alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche presso l'Amministrazione Provinciale ed il Servizio Provinciale Difesa Suolo. Sono stati inoltre utilizzati dati provenienti dalle indagini condotte in occasione di precedenti pianificazioni territoriali (P.R.G. o sue varianti) e da perizie geognostiche a corredo di Piani Particolareggiati;
- **rilievi di campagna concernenti**: indagini sul territorio per il riconoscimento delle principali unità litologiche; individuazione delle zone caratterizzate da fenomeni di dissesto e d'instabilità; esame della natura dei terreni e delle caratteristiche geomeccaniche della coltre detritico-terrosa di copertura; esame delle successioni litostratigrafiche dei terreni; l'analisi dell'idrografia principale, valutando le aree potenzialmente esondabili.

Per il PUA, espressamente indicato dalla Committenza, è stata quindi valutata la compatibilità con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana (art. 10, comma 1, della L.R. 19 giugno 1984, n. 35). Attraverso ricerche di carattere bibliografico e rilevamenti di campagna, si è quindi giunti alla compilazione del presente elaborato, nel quale l'ipotesi di pianificazione attuativa viene individuata e descritta nei seguenti paragrafi.

2.0. – ANALISI TERRITORIALE

L'analisi conoscitiva prodotta costituisce una caratterizzazione geologica-ambientale della porzione di territorio oggetto del PIANO URBANISTICO ATTUATIVO di iniziativa privata (fig. 2.0.I - Area di Trasformazione Produttiva "Ambito di POC n° 18 – Comparto 1"), sviluppata adottando la seguente metodologia:

- **ricerche bibliografiche** preliminari quali: esame di fotografie aeree, reperimento dati disponibili relativi alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e idrologiche del territorio comunale presso gli uffici competenti in materia; sono stati, inoltre, utilizzati dati provenienti dalle relazioni prodotte a corredo di precedenti pianificazioni territoriali (P.S.C. o sue varianti);
- **rilievi di campagna** concernenti: analisi sul territorio per il riconoscimento delle principali unità litologiche; individuazione delle zone caratterizzate da fenomeni di "dissesto e d'instabilità"; indagini geognostiche di tipo dirette (sondaggi penetrometrici) ed indirette (prospezioni simiche).

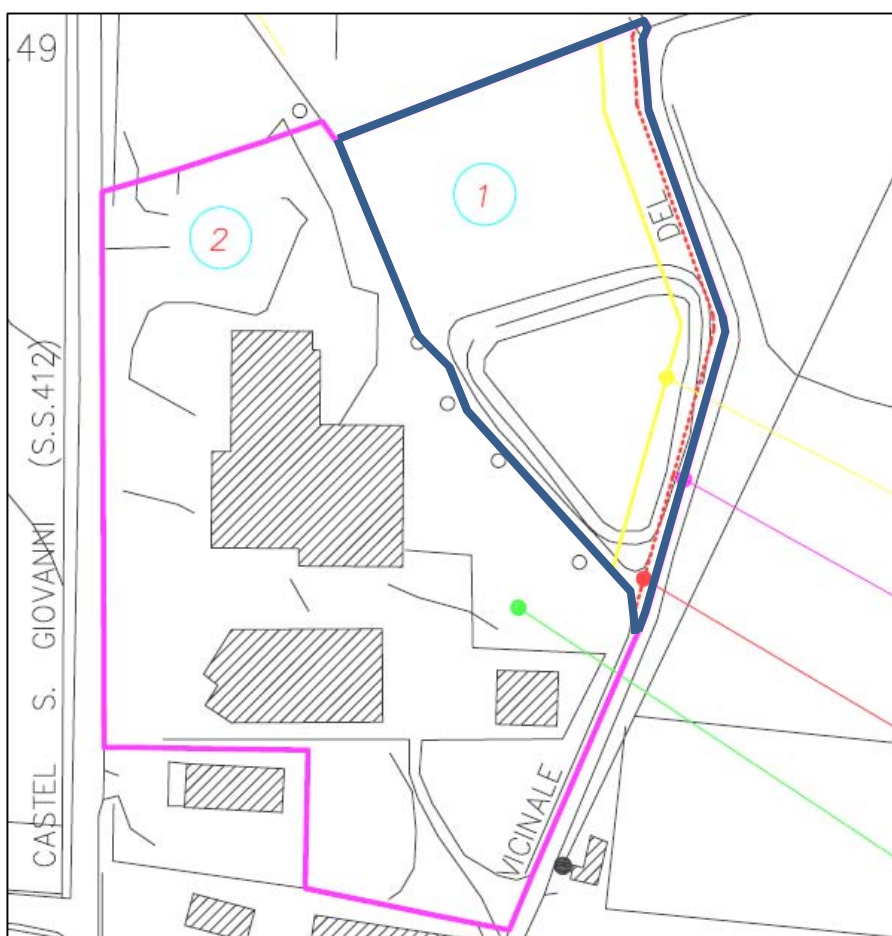


fig. 2.0.I – estratto tavola di P.R.G.

2.1. – Inquadramento geografico

Il territorio di Borgonovo Val Tidone è posto geograficamente nella parte nord occidentale della provincia di Piacenza, in sinistra idrografica del T. Tidone.

L'abitato di Borgonovo Val Tidone è ubicato nel settore centro settentrionale del territorio comunale e si estende su di un ripiano terrazzato, limitato ad est dall'allineamento che segue gli abitati di Castelnuovo, Colombarola e Case Borgonovo, ad ovest ed a sud dal limite del terrazzo del pedemonte.

L'area oggetto del Piano Urbanistico Attuativo, rappresentata cartograficamente all'interno dell'elemento n° 162131 della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna, si colloca alla periferia settentrionale del capoluogo, risultando delimitata verso Est dalla Strada Vicinale del Riazzolo (*vedasi estratti cartografici in figg. 2.1.I e 2.1.II*).

Il comparto si inserisce in un contesto parzialmente modificato dalle attività antropiche e dall'urbanizzazione; esso manifesta una morfologia regolare con pendenze inferiori all'1%. Tuttavia, nella porzione meridionale dello stesso è presente una "bacino" di natura antropica destinato in passato a laghetto irriguo. Allo stato attuale il piano campagna giace ad una quota s.l.m. mediamente compresa indicativamente tra 99.0 e 102.5 metri.

La zona si presenta del tutto stabile in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né presenta emergenze idriche. Inoltre, ad eccezione della area "depressa" (ex laghetto), non si segnalano particolari zone a deflusso difficoltoso delle acque superficiali.

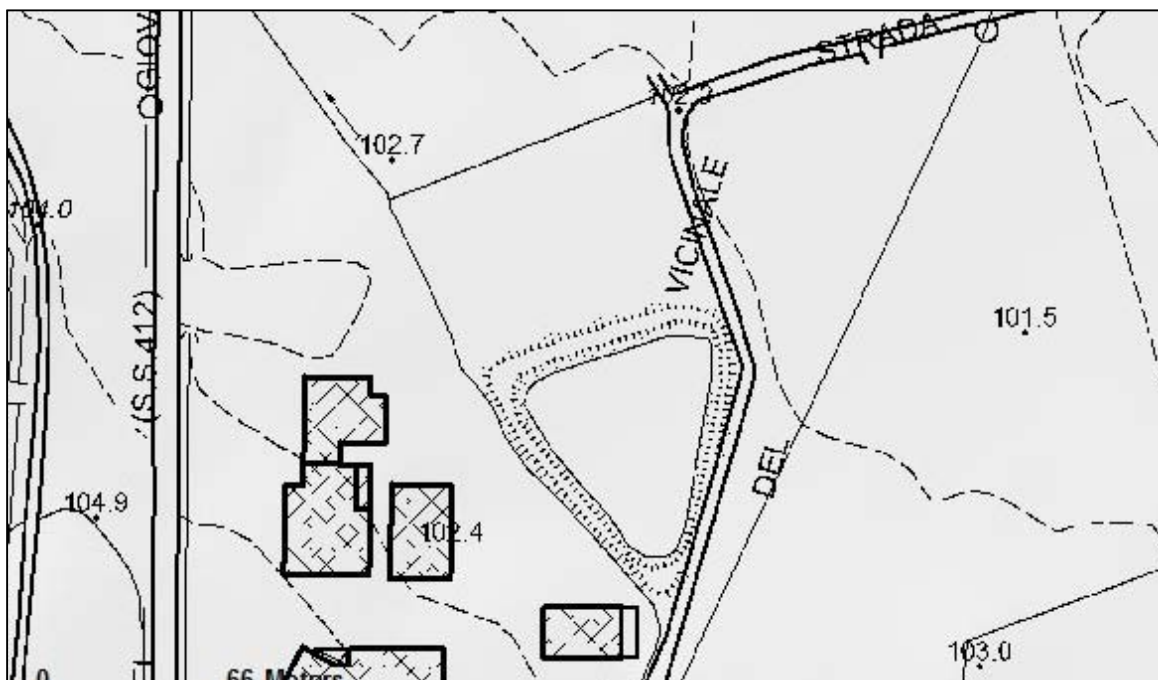


fig. 2.1.I – inquadramento corografico su base CTR

2.2. – Inquadramento geomorfologico e geolitologico

L'abitato di Borgonovo Val Tidone è ubicato nel settore centro settentrionale del territorio comunale e si estende su di un ripiano terrazzato, limitato ad est dall'allineamento che segue gli abitati di Castelnuovo, Colombarola e Case Borgonovo, ad ovest ed a sud dal limite del terrazzo del pedemonte.

L'area in esame è ubicata alla periferia settentrionale del capoluogo comunale di Borgonovo Val Tidone ad una altitudine media di circa 102.5 metri s.l.m., in una zona morfologicamente identificata come "pianura alluvionale padana".

Il terreno in studio risulta ricompreso nel "*sistema terrazzato intermedio*"; si tratta di un ampio terrazzo alluvionale a morfologia decisamente uniforme, che costituisce un'unità di transizione tra il sistema terrazzato del pedemonte e la pianura pleisto-olocenica; non si riscontrano scarpate o dislivelli degni di nota; la superficie dell'ambito risulta pressoché sub-pianeggiante, con una debole pendenza verso Nord-Nord/Est concordemente con l'asta fluviale del Rio Carona; l'idrografia superficiale è regolata dalle canalizzazioni e solcature di norma utilizzate nella pratica agricola. La formazione che affiora nell'area di studio è conosciuta con il nome di "*Unità di Niviano*", costituita da un'alternanza di ghiaie, sabbie, limi alterate alla sommità e ricoperte, in superficie, da una coltre limosa di probabile natura loessica, dello spessore di 1-2 m, di colore prevalentemente bruno giallastro (vedi fig. 2.2.II - estratto "*Carta geologica*" in scala 1: 5.000, redatta dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER*). La deposizione è avvenuta in ambienti fluviali molto estesi arealmente, per l'imponenza del fenomeno di disgelo del periodo glaciale denominato "Riss". La permeabilità media di questa formazione è da considerarsi relativamente buona, per la ricchezza di elementi ghiaiosi di deposito fluviale, che scarseggiano solamente nella zona più superficiale, dove hanno subito un più energico fenomeno di degradazione e di decalcificazione. Dal punto di vista della stabilità generale, i versanti, anche laddove si presentano fortemente acclivi, non suscitano problemi di franosità, come pure scarsi, o pressoché inesistenti, sono i fenomeni sorgentizi. La granulometria del terreno tende a presentarsi di natura Sabbioso-Limosa, facilmente imbevibile d'acqua, e priva di sufficiente coesione da sopportare l'azione del dilavamento da parte delle acque di precipitazione meteorica. Idrologicamente, la formazione del "Fluviale Riss" presenta potenziali idrici molto interessanti, specialmente nelle zone ove si rinvergono consistenti arricchimenti di materiali ghiaiosi ed una conseguente scarsità di matrice Sabbioso-Limosa, che condiziona la velocità di circolazione acquifera. La costituzione geologica e strutturale del Comune di Borgonovo Val Tidone si può schematicamente estendere all'evoluzione dell'intero territorio Piacentino, inserendosi così, nel più ampio contesto della formazione della catena Appenninica Settentrionale. Dal punto di vista strutturale infatti, l'Appennino Piacentino, è il risultato di un vero e proprio appilamento di numerose "Unità Tettoniche", in origine distribuite su di un'area ben più estesa; le formazioni appartenenti alle singole Unità Tettoniche, sotto l'effetto di spinte di compressione provenienti da Sud-Ovest, si sono dapprima piegate e successivamente, con il

persistere delle spinte, hanno subito una vera e propria traslazione verso Nord-Est, con conseguente accavallamento delle une sulle altre: tali fenomeni hanno avuto inizio probabilmente già nel Cretacico superiore per proseguire, attraverso vari momenti, fino al presente. Le grandi direttrici strutturali hanno pertanto direzione Nord-Ovest/Sud-Est analogamente a quanto si riscontra in quasi tutto l'Appennino Tosco-Emiliano. Questo schema tettonico-strutturale interessa buona parte del territorio montano e collinare posto indicativamente a sud dell'allineamento Vernasca - Gropparello - Ponte dell'Olio - Rivergaro - Agazzano - Ziano Piacentino. Studi realizzati per la ricostruzione degli acquiferi nella Pianura Emiliano Romagnola hanno permesso di individuare i corpi sedimentari sepolti e di approfondire la comprensione dell'evoluzione globale del bacino padano. In profondità sono presenti depositi legati a cicli trasgressivo regressivi Plio-Pleistocenici, in alcuni casi affioranti come per esempio sulle conoidi appenniniche. Durante questi cicli la linea di costa si sposta in funzione dell'approfondimento del bacino e cambiano le dinamiche deposizionali; si riconoscono così successioni terrigene a granulometria diversa. In specifico nel sottosuolo della pianura emiliano romagnola sono state riconosciute 3 grandi discontinuità deposizionali che corrispondono ad altrettanti eventi tettonici che hanno sollevato tutto il territorio, determinati dallo scontro tra il margine africano e quello europeo, avente come conseguenza la chiusura del bacino padano e l'accavallamento delle falde appenniniche.

Dal punto di vista prettamente geologico-strutturale la cartografia redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della R.E.R. non segnala la presenza di faglia nell'ambito del territorio in esame (vedasi fig. 2.2.I – estratto carta geologica RER scala 1: 25.000).

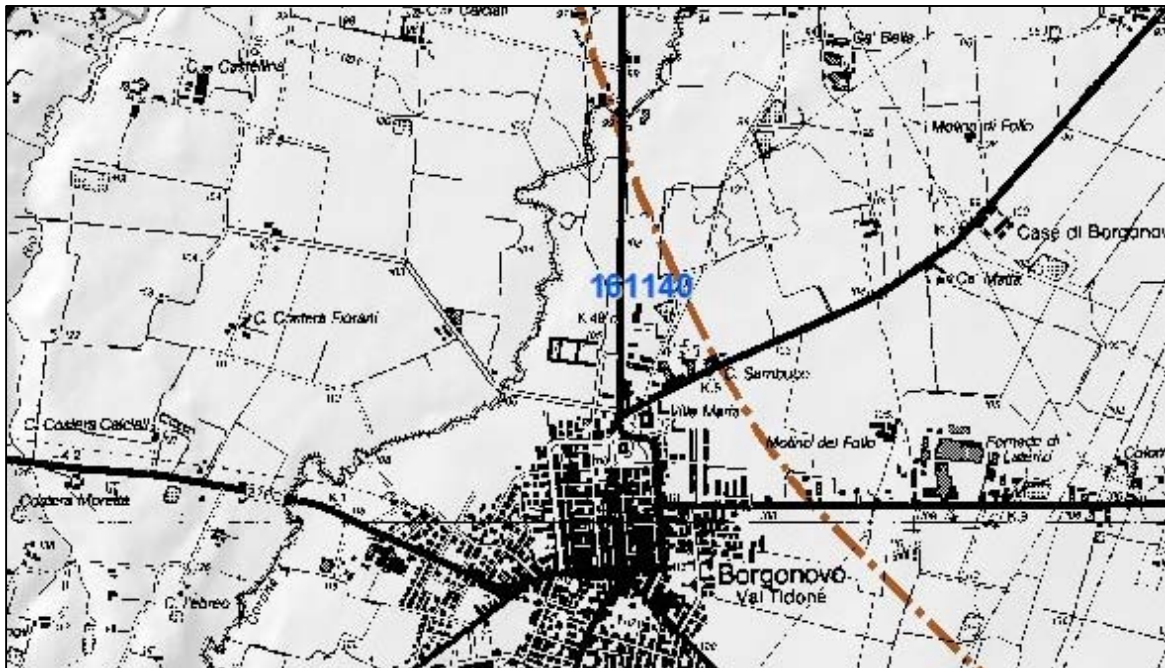
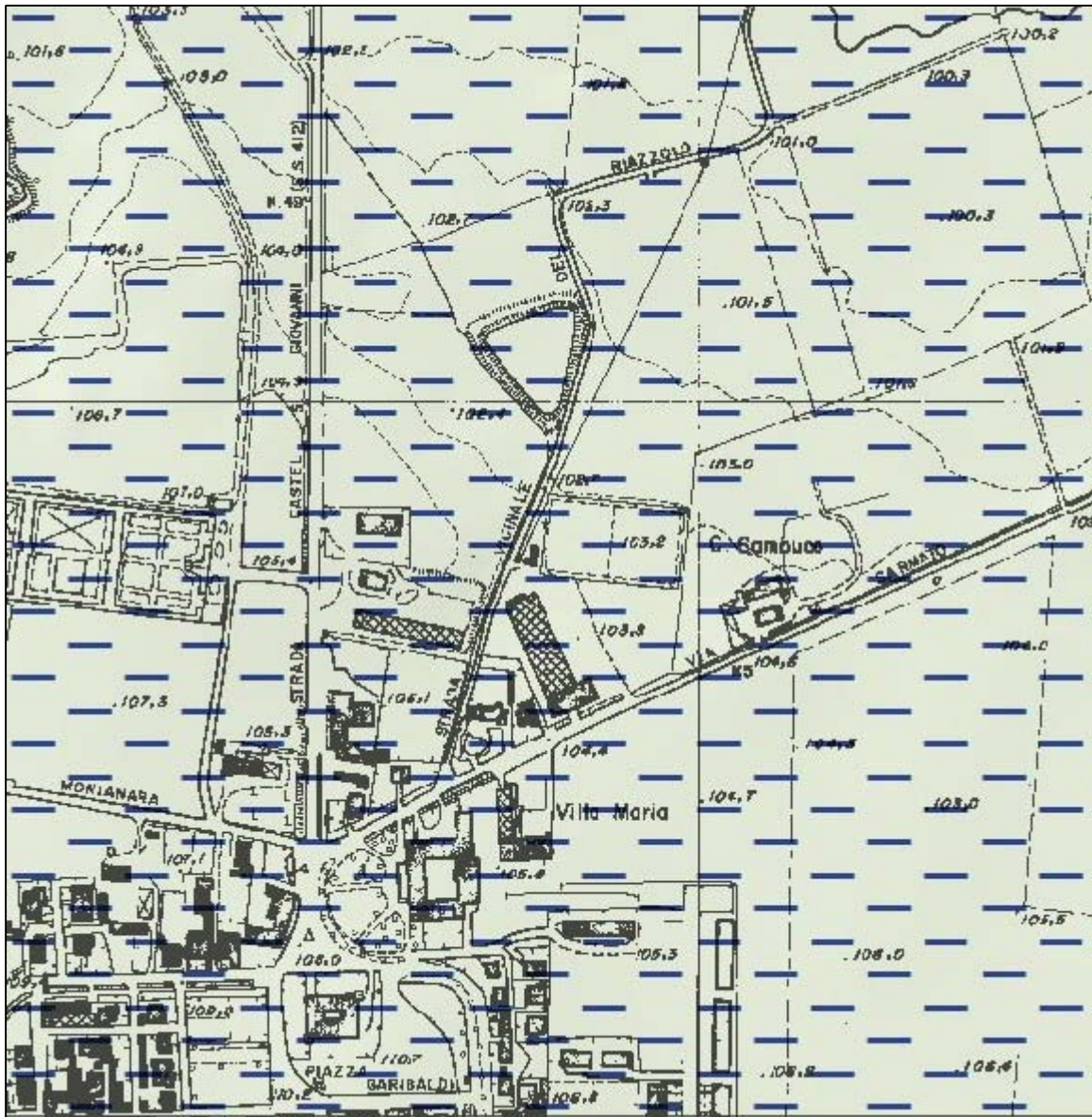


fig. 2.2.I – estratto carta geologica RER



Legenda dei principali elementi cartografati

[Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano](#)

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

□ AES7a - Unità di Niviano

fig. 2.2.II – estratto carta geologica-geomorfologica RER

2.3. - Aspetti idrografici ed idrogeologici

La caratterizzazione geologica del sottosuolo comunale ha messo in evidenza che la disponibilità di risorse idriche sotterranee risulta essere differente nei diversi domini geolitologici individuati. L'area collinare, costituita da formazioni marine impermeabili e quella del sistema terrazzato del pedemonte, formata da depositi alluvionali alterati di spessore limitato appoggianti su un substrato a dominanza limoso-argillosa, costituiscono aree di limitate risorse idriche sia per la bassa permeabilità dei depositi sia per i limitati spessori geometrici degli acquiferi. Il processo di ricarica dell'acquifero, ad opera delle acque meteoriche, risulta generalmente impedito dall'orizzonte di alterazione superficiale, il quale determina un maggiore ruscellamento favorendo l'incanalamento nelle vallecole già estremamente incise. La zona corrispondente alla più recente conoide alluvionale del T. Tidone (con apice situata nella zona di Pianello Vai Tidone) è invece costituita da una potente coltre alluvionale, nella quale trovano sede numerosi acquiferi sovrapposti. La successione dei depositi che qui si rinviene è costituita da un'alternanza di lenti permeabili costituite di ghiaie e sabbie prevalenti con intercalazioni di livelli limoso-argillosi impermeabili di scarsa continuità laterale. Questa coltre alluvionale poggia su un substrato impermeabile identificato con il tetto delle formazioni marine, costituite in prevalenza da argille intercalate da livelli metrici di sabbie pulite.

Dall'analisi dei dati raccolti nel P.S.C. si può desumere che:

- il substrato impermeabile, coincidente con il tetto delle successioni marine, si approfondisce sensibilmente spostandosi dal capoluogo verso il T. Tidone (da -60 m a -80 m s.l.m.) e da monte verso valle; questo configura un aumento dello spessore della coltre alluvionale;
- le intercalazioni limoso-argillose, che caratterizzano gli orizzonti impermeabili, diminuiscono spostandosi da ovest verso est ed in generale i depositi riducono la loro granulometria verso nord, fino ad interferire in profondità con i livelli sabbiosi del sistema deposizionale del F. Po;
- la zona compresa ad est dell'allineamento degli abitati di Borghi di Breno, Mottaziana e Agazzino risente delle influenze idrogeologiche in parte della conoide del T. Luretta e in parte maggiore del limite occidentale della conoide del F. Trebbia, la quale si interdigita con il sistema acquifero del T. Tidone.

Per la definizione delle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero, della ricostruzione dell'andamento della superficie freatica e per consentire l'individuazione delle direzioni preferenziali di flusso della falda si è scelto di utilizzare i dati emersi dalla campagna di rilevamento dei livelli della falda freatica effettuata nel periodo febbraio 1997, in concomitanza con la predisposizione del P.R.G..

Nel proseguo del presente studio sono comunque riportati i dati freaticometrici aggiornati al 2004 e relativi alla "Rete provinciale di monitoraggio delle acque sotterranee" gestita l'ARPA "Sezione Provinciale di Piacenza".

Dall'andamento delle curve isofreatiche della pianura si può dedurre che:

- la falda superficiale ha una direzione prevalente SO-NE verso il collettore principale, il F.Po;
- l'orientamento delle curve isofreatiche identifica un acquifero di tipo radiale; il modulo di spaziatura risulta variabile e pertanto indicativo di un tipo di deflusso non uniforme, con portate unitarie variabili da zona a zona;
- la spaziatura crescente delle isopieze, spostandosi da monte verso valle, indica un aumento di trasmissività dell'acquifero superficiale; il gradiente idraulico risulta maggiore nella zona compresa tra l'isopieza 155 m e l'isopieza 135 m per poi diminuire fino all'isopieza 70 m;
- a SE dell'abitato di Castelnuovo si individua un asse di drenaggio sotterraneo di raccolta delle acque a direzione SO-NE, impostato probabilmente lungo la direttrice di un paleoalveo del T. Tidone; sono presenti altri assi di drenaggio come quello che si riconosce in località C. Chignoli a direzione N-NE impostato probabilmente lungo un paleoalveo del Rio Carona e quello che parte a ovest dell'abitato di Breno di Sopra e prosegue in direzione NE;
- è in prossimità della zona apicale della conoide del T. Tidone che le falde della pianura vengono "ravvenate" (alimentate);
- l'andamento delle curve isofreatiche, in prossimità dell'alveo del T. Tidone, indica a partire dall'abitato di Bilegno, andando verso nord, la falda di subalveo alimenta la falda freatica;
- la falda superficiale risulta prossima al piano campagna nella zona di Vai e Fabbiano, a sud est dell'abitato di Bilegno, a est di Borghi di Breno e nell'area compresa tra C.na Bruciata e l'abitato di Agazzino.

Nella zona di specifico interesse la superficie freaticometrica si colloca ad una profondità minima dal piano campagna compresa tra circa 5.00 e 6.00 metri, mentre il flusso idrico sotterraneo ha direzione prevalente SO – NE.

La copertura superficiale, di natura limoso-argillosa e la profondità del tetto delle ghiaie portano ad un grado medio di vulnerabilità dell'acquifero superficiale (vedasi fig. 2.3.I – estratto carta idrogeologica da P.S.C. scala 1: 10.000).

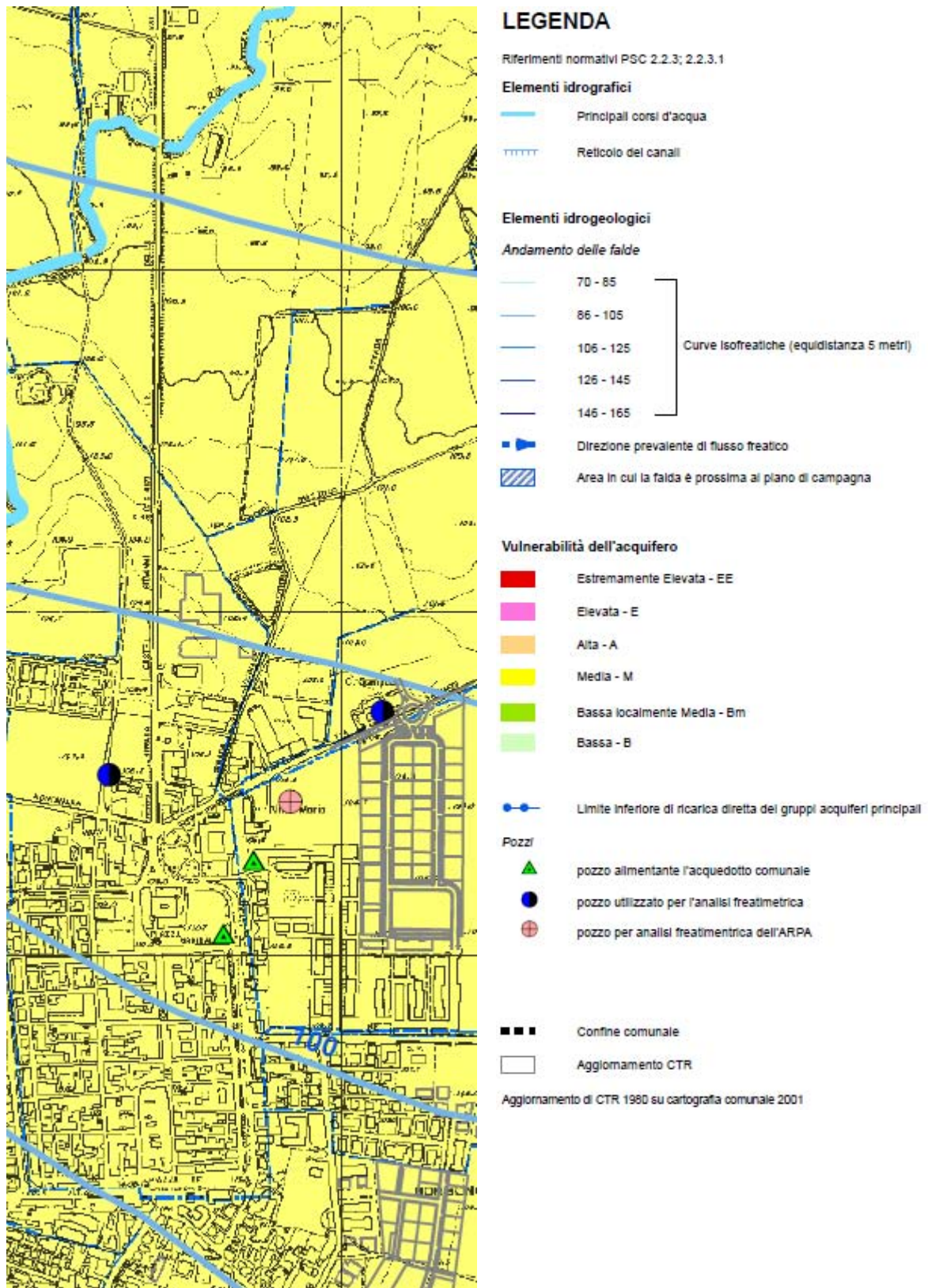
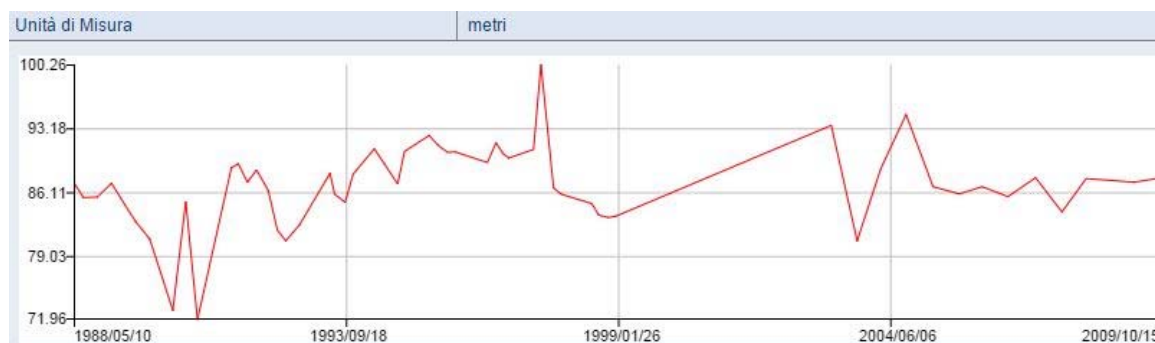


fig. 2.3.II - Carta idrogeologica da P.S.C.

Per un miglior inquadramento idrogeologico del territorio si riporta di seguito l'escursione del livello piezometrico di un pozzo, ubicato in prossimità dell'area di specifico interesse ed appartenente alla rete di monitoraggio ARPA (*dati desunti dal sito della Regione Emilia Romagna Servizio Geologico Sismico dei Suoli - Piezometrie e qualità delle acque sotterranee nella pianura emiliano romagnola; codice pozzo: PC83-00*).



Prelievo dei dati	Valore	Soggiacenza
15-10-2009	87.7	18.0
26-03-2009	87.2	18.5
09-10-2008	87.4	18.3
16-04-2008	87.6	18.1
25-10-2007	83.9	21.8
18-04-2007	87.7	18.0
2006/02/10	85.6	20.1
30-03-2006	86.7	19.0
17-10-2005	85.9	19.8
2005/11/04	86.7	19.0
29-09-2004	94.7	11.0
31-03-2004	88.7	17.0
13-10-2003	80.7	25.0
2003/10/04	93.5	12.2
13-01-1999	83.44	22.26
19-11-1998	83.28	22.42
1998/10/09	83.56	22.14
23-07-1998	84.83	20.87
16-12-1997	85.86	19.84
21-10-1997	86.55	19.15
22-07-1997	100.26	5.44
30-05-1997	90.83	14.87
1996/03/12	89.88	15.82
22-10-1996	90.37	15.33
1996/02/09	91.57	14.13
1996/02/07	89.38	16.32
13-11-1995	90.56	15.14
19-09-1995	90.5	15.2
1995/10/07	91.34	14.36
1995/10/05	92.38	13.32
14-11-1994	90.6	15.1
26-09-1994	87.0	18.7
20-06-1994	89.28	16.42
1994/11/04	90.9	14.8
1993/10/11	88.1	17.6
13-09-1993	84.98	20.72
30-06-1993	85.86	19.84
27-05-1993	88.17	17.53
19-10-1992	82.45	23.25
13-07-1992	80.7	25.0
14-05-1992	81.88	23.82
1992/09/03	86.28	19.42
16-12-1991	88.55	17.15
1991/11/10	87.2	18.5
1991/07/08	89.24	16.46
18-06-1991	88.79	16.91
17-10-1990	71.96	33.74
25-07-1990	85.05	20.65
23-04-1990	73.0	32.7
1989/08/11	80.9	24.8
26-07-1989	82.9	22.8
13-05-1989	84.7	21.0
1989/06/02	87.08	18.62
27-10-1988	85.56	20.14
18-07-1988	85.5	20.2
1988/10/05	86.95	18.75

3.0. - INQUADRAMENTO LEGISLATIVO DI SUPPORTO

Nel presente capitolo si forniranno i riferimenti al quadro legislativo e normativo che, a vari livelli, da statale a locale, regola la realizzazione di indagini geologiche e geotecniche a supporto della pianificazione urbanistica.

3.1. - Pianificazione a livello statale

La presente relazione, redatta in fase pianificatoria, è basata sulle risultanze ottenute attraverso analisi condotte in osservanza al D.M. 14.01.2008 e successive modifiche e integrazioni che disciplina la normativa tecnica d'indagine sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Tale Decreto Ministeriale riconosce altresì a livello nazionale il ruolo delle indagini geologiche non solo nel progetto edilizio e nell'esecuzione di indagini sui terreni, ma anche nella pianificazione urbanistica e territoriale.

L'area in studio non risulta soggetta ai vincoli imposti dal D. Lgs n° 490 del 29/10/1999 "*Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali*".

3.2. - Pianificazione a livello regionale

A livello regionale la pianificazione territoriale e urbanistica è regolamentata a partire dalla L.R. 7.12.1978, n°47, "*Tutela e uso del territorio*", passando per la L.R. 30.01.1995, n° 6 "*Norme in materia di programmazione e pianificazione territoriale*", e la L.R. 19.08.1996, n° 30 "*Norme in materia di programmi speciali d'area*", fino alla più recente L.R. 24.03.2000, n° 20 "*Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio*".

Nell'attuale quadro può ancora essere utilizzata come riferimento la Circolare Regionale prot. 3891 del 21.03.1974, che definisce il tipo di indagine che deve essere effettuato a supporto di interventi urbanistici, quali il PUA oggetto della presente relazione.

Infine per quanto concerne specificatamente gli aspetti geologici, le indicazioni metodologiche di indagine sono fornite dalla Circolare Regionale prot. 1288 del 11.02.1983. In particolare, considerando il contesto geologico ed ambientale in oggetto, gli aspetti da sviluppare sono definiti al punto D2 "Aree di pianura e fascia costiera".

3.3. - Pianificazione a livello provinciale

A livello provinciale il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale attualmente esecutivo (*PTCP 2007, adottato in data 16.02.2009 con atto di D.C.P. n° 17 ed approvato in data 02.07.2010 con atto di D.C.P. n° 69*) rappresenta il principale strumento di pianificazione previsto dalla vigente legislazione. I contenuti del PTCP sono definiti dall'art. 26 della legge regionale 24 marzo 2000, n° 20 "*Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio*". Tale normativa attribuisce al Piano territoriale di coordinamento provinciale tre compiti principali: 1) definire l'assetto del territorio con riferimento agli interessi sovracomunali e all'articolazione delle linee di azione della programmazione regionale; 2) raccordare e verificare le politiche settoriali della Provincia; 3) indirizzare e coordinare la pianificazione comunale. Più specificatamente il PTCP costituisce sede e momento di raccordo e verifica delle politiche settoriali della Provincia e strumento di indirizzo e coordinamento per la pianificazione urbanistica comunale, in quanto:

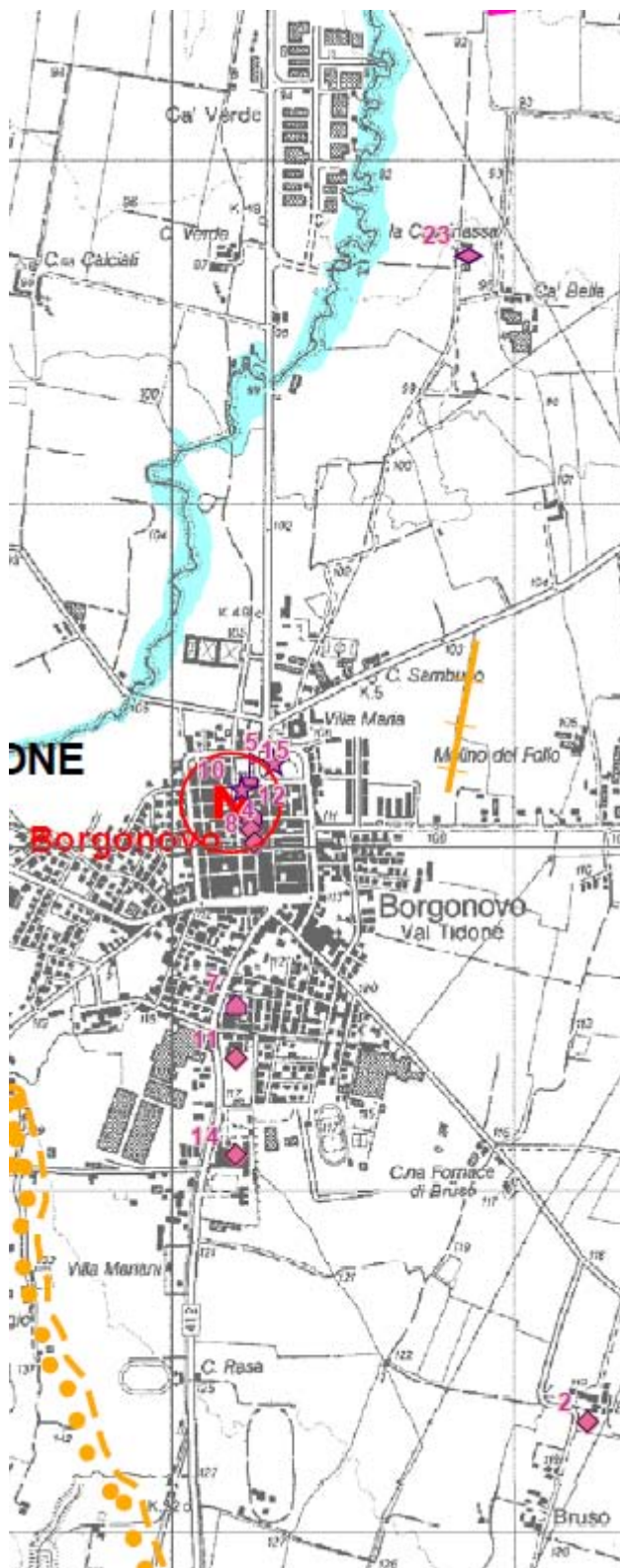
- recepisce gli interventi a livello superiore (nazionale e regionale) per le reti infrastrutturali e per le opere rilevanti per qualità ed estensione;
- raccordandosi con gli obiettivi regionali, individua le ipotesi di sviluppo dell'area provinciale in termini di assetto ed uso del territorio;
- definisce criteri di localizzazione e dimensionamento di strutture e servizi di interesse provinciale e sovracomunale;
- definisce i caratteri di vulnerabilità, criticità e potenzialità e i sistemi delle tutele paesaggistiche ed ambientali delle diverse parti del territorio (naturale ed antropizzato);
- definisce i bilanci delle risorse (territoriali e ambientali), i criteri e le soglie per il loro impiego, individuando le condizioni e i limiti della sostenibilità delle previsioni urbanistiche comunali.

A partire da quanto stabilito sia dalla Legge Regionale 20/2000 sia dall'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico (delibera C.R. n. 173/2001), il Documento Preliminare del PTCP 2007 è stato articolato in alcuni elaborati costitutivi: Quadro Conoscitivo (QC); Documento Preliminare (DP); Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (ValSAT); Quadro sinottico degli elaborati.

Le Basi cartografiche, organizzate per tavola, costituiscono un supporto all'analisi territoriale che vengono fornite dalla Provincia in attuazione della L.R. 20/00 e s.m.i. nonché della D.C.R. 484/03 che prevedono la condivisione della basi conoscitive tra Enti nell'ambito sia della Conferenza di Pianificazione che nella fase di monitoraggio dell'attuazione degli strumenti urbanistici comunali.

Nella pagina seguente viene riportato uno stralcio della tavola A1/2 del PTCP 2007 concernente la cartografia di progetto del "Sistema di Tutela ambientale".

Come risulta dall'estratto cartografico in fig. 3.3.I il terreno oggetto della presente analisi si colloca in una zona priva di cogenti vincoli geo-ambientali o che comunque ne precludano la trasformazione del suolo attraverso la pianificazione urbanistica proposta.



Legenda

MORFOLOGIA DEL TERRITORIO

	Cmsale	Sistema dei crinali e della collina
	Collina	
	Limite storico all'insediamento umano stabile	

CORSI D'ACQUA SUPERFICIALI

	zona A1 - Alveo attivo	Fascia fluviale A - Fascia di deflusso, maia ed alveo di laghi, bacini e corsi d'acqua
	zona A2 - Alveo di piena	
	zona A3 - Alveo di piena con valenza naturalistica	
	zona B1 - Zona di conservazione del sistema fluviale	Fascia fluviale B - Fascia di sbonnazione. Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua
	zona B2 - Zona di recupero del sistema fluviale	
	zona B3 - Zona ad elevato grado di antropizzazione	
	zona C1 - Zona estragnale o protetta da difese idrauliche	Fascia fluviale C - Fascia di inonazione per piena catastrofica. Zona di rispetto dell'ambito fluviale
	zona C2 - Zona non protetta da difese idrauliche	
	Fascia di integrazione dell'ambito fluviale	

AMBITI PAESAGGISTICI E GEOAMBIENTALI RILEVANTI

	Zona di valenza ambientale locale	
	Zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale	
	Zona di tutela naturalistica	
	Zona caratterive	
	Crinali spartacqua principali	Crinali spartacqua principali e crinali minori
	Crinali minori	

AMBITI DI PARTICOLARE INTERESSE STORICO ED ARCHEOLOGICO

	A - complessi archeologici	Zona ad elementi di interesse storico, archeologico e paleontologico
	S - area di accertata e rilevante consistenza archeologica	
	M - area di concentrazione di materiali archeologici e di segnalazione di ritrovamenti	
	Ambiti con presenza di elementi diffusi	Zona di tutela della struttura censuaria
	Elementi localizzati	

INSEDIAMENTI STORICI

	Tessuto agglomerato principale	Zona urbane storiche e strutture medievale storiche non urbane
	Tessuto agglomerato	
	Tessuto non agglomerato	
	Alterato	
	Parzialmente alterato	
	Nucleo principale	Nucleo secondario
	Nucleo secondario	

AMBITI DI INTERESSE STORICO TESTIMONIALE

	11 - Architettura religiosa ed assistenziale (chiese, oratori, santuari, monasteri, conventi, ospedali)	Zona ad elementi di interesse storico-architettonico e testimoniale
	12 - Architettura votiva e funeraria (edicole, plevi, cappelle, cimiteri)	
	13 - Architettura fortificata e militare (castelli, rocche, torri, case-torri)	
	14 - Architettura civile (palazzi, ville)	
	15 - Architettura rurale (residenze contadine ed annessi agricoli, fontane, case rurali, abitazioni artigiane)	
	16 - Architettura paesinindustriale (barraci, mulini, ponti, miniere, caseifici, manufatti idraulici ed opifici)	
	17 - Architettura vegetale (parchi, giardini, orti)	
	18 - Architettura geologica	
	Zona interessata da bonifiche storiche di pianura	
	Percorso consolidato	
	Tracce di percorso	
	Ponte	
	Valico	Valico-passo
	Valico-passo	
	Viaibita panoramica	

AMBITI DI VALORIZZAZIONE E GESTIONE DEL TERRITORIO

	Parchi e Riserve Regionali Istituti (Stirone - Piacenzano)	Aree naturali protette
	"Parco Provinciale" di Monte Maria	
	SIC - Siti di Importanza Comunitaria	Rete Natura 2000
	SIC / ZPS - SIC e Zone di Protezione Speciale	
	Progetti di tutela, recupero e valorizzazione	
	Aree di progetto	

ZONE UMIDE DI PREGIO

	Biotopi umidi	Biotopi e risorgive
	Risorgive	
	Confini amministrativi	

fig. 3.3.I – Estratto TAV. A1-1 di P.T.C.P. “Tutela ambientale, paesistica e storico culturale”

3.4. - Pianificazione a livello comunale

Il Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) inserisce l'area oggetto di PUA, denominato "Ambito Strada Riazzolo", in una zona priva di cogenti vincoli di carattere prettamente geologici o che comunque ne precludano la trasformazione d'uso del suolo.

Riferimenti P.S.C. vigente:

- *Adozione con delibere del Consiglio Comunale. n° 20, del 25 marzo 2006;*
- *Controdedito con delibere del Consiglio Comunale. n° 79, del 21 dicembre 2006;*
- *Approvato con delibera del Consiglio Comunale. n° 23, del 17 maggio 2007.*

4.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

La presente relazione geologica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafica ed una caratterizzazione geo-meccanica preliminare dei terreni siti in corrispondenza della nuova previsione urbanistica.

Nell'ambito del progetto di fattibilità, ai fini della rappresentazione stratigrafica, sono state condotte delle verifiche geognostiche nel corso della presente campagna di rilevamento geognostico "dicembre-gennaio 2014" e delle stratigrafie profonde di pozzi ad uso irriguo presenti in zona (rif. "*Banca dati Geognostici del Servizio Geologico e Sismico RER*").

In definitiva sono state analizzate, nel presente elaborato, le seguenti indagini:

- n° 1 prospezione sismica a rifrazione per determinare il modello di velocità sismica del sottosuolo;
- n° 1 prova "Masw" (M1) (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 Gennaio 2008);
- n° 1 registrazione dei microtremori con tomografo digitale per la determinazione della Frequenza di risonanza caratteristica dell'area (HVSr);
- n° 1 prova penetrometrica statica (CPT);
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche (DPM),
- n. 1 stratigrafia "profonda" di pozzo ad uso aziendale-domestico.

Le indagini geofisiche ed i sondaggi geognostici sono posizionati come da planimetria in allegato 1, mentre il pozzo ad uso aziendale-domestico è ubicato come da fig. 7.0.I.

5.0 – PROSPEZIONI SISMICHE

Il presente paragrafo illustra e commenta le indagini sismiche realizzate nella presente campagna di rilevamento “dicembre 2014”.

Nel dettaglio la prospezione sismica ha previsto la realizzazione di:

- un stendimento sismo-tomografico per la valutazione della geometria e del grado di addensamento delle unità sismiche presenti nel sottosuolo dell'area d'interesse;
- una prova “Masw” (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario “ Norme tecniche per le costruzioni” (D.M. 14 Gennaio 2008);
- una registrazione sismica HVSR a stazione singola del tremore sismico con tomografo digitale.

Le indagini geofisiche sono ubicate come da planimetria in allegato 1 al presente rapporto.

5.1 – Sismica a rifrazione

5.1.1 - Cenni Metodologici

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde sismiche di volume (P o S) dirette e rifratte (i cosiddetti primi arrivi) che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione nota, arrivano ai diversi geofoni (sensori collocati a distanze note dalla sorgente).

Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni, senza scendere in profondità, invece, le onde rifratte sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifratte (superficie di aumento brusco della velocità di propagazione) e vengono da esso trasmesse in superficie (a causa del fenomeno dell'incidenza critica dei raggi sismici). I dati ricavati da tale tipo di indagine consentono di determinare un modello bidimensionale del sottosuolo.

Utilizzando le distanze tra il punto di scoppio e i vari geofoni e i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano delle curve tempo-distanza dette dromocrone. Dalle dromocrone dei primi arrivi (curve che rappresentano la variazione del tempo di percorso in funzione della distanza sorgente - geofono) si risale al modello di velocità sismica del sottosuolo, fino alla base del rifratte più profondo individuato (poiché i raggi sismici che scendono a profondità superiori non ritornano in superficie nei punti in cui sono collocati i geofoni).

L'indagine di sismica a rifrazione consente di valutare le caratteristiche meccaniche e di compattezza dei terreni indagati, inoltre, consente di poter definire il loro grado di fatturazione, nonché la geometria delle stratificazioni immediatamente sottostanti la coltre superficiale, di definire la profondità del basamento (bedrock).

5.1.2 - Modalità esecutive

E' stato eseguito un profilo sismico costituito dall'allineamento di 24 geofoni spazati di 3 metri.

In punti predefiniti del profilo, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente da 8 Kg; l'energizzazione è avvenuta in 7 punti disposti simmetricamente allo stendimento e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 5 lungo il profilo ogni 4 geofoni.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Echo 12-24 della Ambrogeo a 24 canali ad elevata dinamica (16 bit).

5.1.3 - Strumentazione utilizzata

L' "Echo" 12-24 è un sismografo modulare a 16 bit che rappresenta l'ottimale modalità di registrazione sismica unendo la facilità d'impiego alla affidabilità dei dati rilevati. Echo 12-24 è un sismografo ad elevata dinamica (100 dB di range dinamico totale e 131 micro secondi di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni quali la sismica a rifrazione, la sismica a riflessione, il microtremore. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

5.1.4 - Sismografo "Echo 12-24" e sistema di acquisizione dati

L'attrezzatura utilizzata (vedi fig. 2) è composta da:

- Sismografo modulare Ambrogeo "Echo" a 12-24 canali,
- Massa battente da 8 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione Ambrogeo, 130 mt con 24 takeouts a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 m l'una terminate con connettore.
- Geofoni R.T.Clark da 4.5 Hz verticali, con puntale da 3" ed 1,5 m di cavo terminato con clip doppia,
- Computer portatile Dell. per l'elaborazione dati
- Window XP sistema operativo



Fig. 5.1.4.I: Da sx a dx sismografo Echo con annesso computer, geofoni verticali R.T.Clark da 4.5 Hz, cablaggi e massa battente.

5.1.5 – Elaborazione dati

Rispetto al metodo classico della sismica a rifrazione, il metodo tomografico permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con le altre tecniche di indagine.

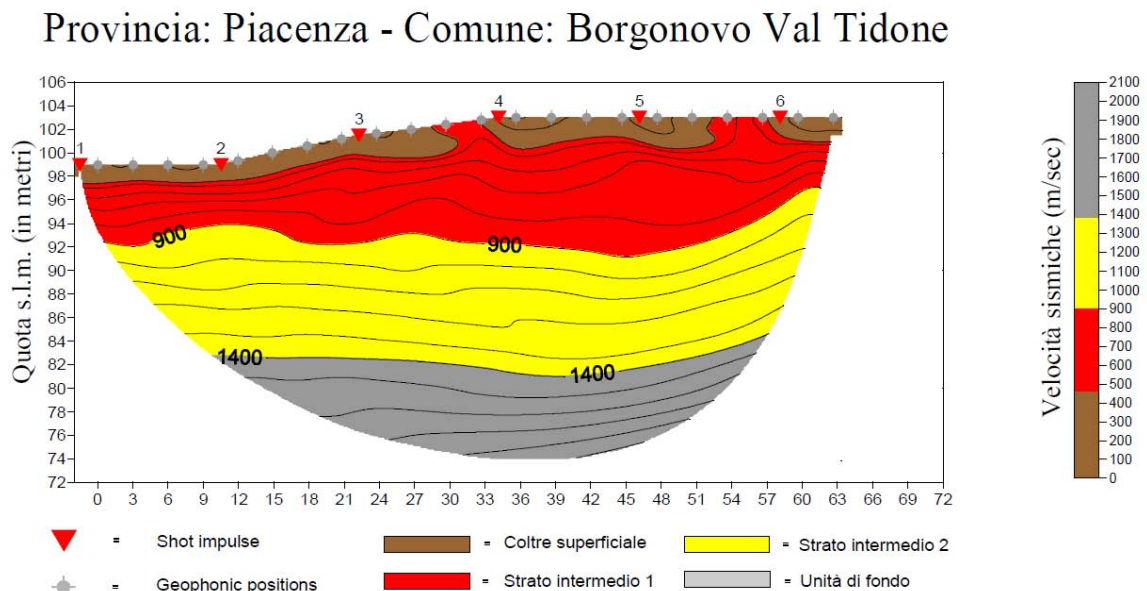
La procedura d’elaborazione ha comportato una prima fase un’interpretazione secondo i canoni classici della metodologia a rifrazione, con la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi.

In seguito, attraverso un apposito programma di calcolo, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno (Rayfract versione 3.18).

In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici.

Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell’elaborazione consiste in una sezione di velocità sismica, rappresentata sia per isovelocità sia tramite colori (vedasi fig. 5.1.5.I ed allegato 2).

Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che vanno, dal rosso per i valori più alti, al blu per i valori più bassi. La scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.



Tomografia sismica

Fig. 5.1.5.I = Restituzione grafica tomografica T.1 ottenuta tramite il programma Rayfract 3.18

5.1.6 - Analisi dei risultati

L'elaborazione ha permesso di distinguere le seguenti unità:

- **Unità superficiale a bassa consistenza (colore marrone)**, con velocità prossime o inferiori a 450 m/sec e spessore medio compreso tra circa 1÷3 metri. L'unità è associabile alla coltre di copertura;
- **Unità intermedia mediamente consistente/addensata (colore rosso)**, con velocità comprese indicativamente tra 450 e 900 m/sec e spessore compreso tra circa 4÷9 metri;
- **Unità intermedia addensata (colore giallo)**, con velocità comprese indicativamente tra i 900 e 1400 m/sec e spessore pari a circa 8÷10 metri;
- **Unità basale ad alto grado di addensamento (colore grigio)**, con velocità superiori ai 1400 m/sec.

5.2 – Prova “Masw”

5.2.1 - Cenni Metodologici

Il metodo “**MASW**” è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi.

Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

1. La prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
2. La seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
3. La terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale.

Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

5.2.2 - Modalità esecutive

E' stato realizzato uno stendimento di 24 geofoni spazati di 3 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.131 ms. L'energizzazione, realizzata a distanze di: 5 m e 10 m dal primo geofono e dall'ultimo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 8 Kg. Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

Per l'acquisizione dei sismogrammi è stato utilizzato un sismografo modulare a 16 bit di tipo "Echo 12-24" della Ambrogeo a 24 canali ed a elevata dinamica operativa. I geofoni utilizzati hanno una frequenza propria di 4.5 Hz.

5.2.3 - Elaborazione dati

Il software utilizzato nell'elaborazione dei dati è il "MASW-REMI 3.0" di Vitantonio Roma. In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale.

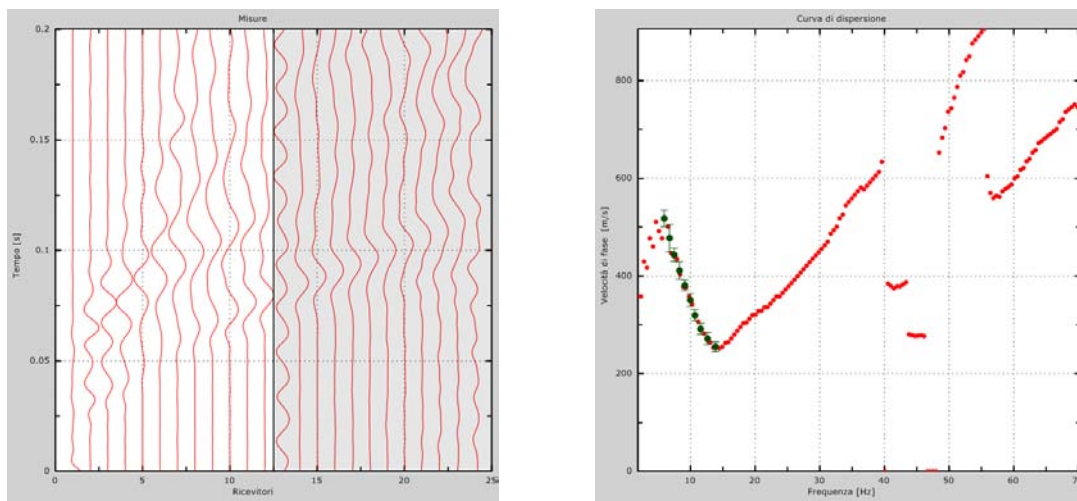


Fig. 5.2.3.I: Tracce sperimentali e Curva di dispersione s

In una seconda ed ultima fase si individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di velocità assegnato.

5.2.4 - Analisi dei risultati

I dati sismici acquisiti, ed elaborati, hanno consentito di determinare un profilo di velocità delle onde “S” fino ad oltre 30 m dal piano campagna. Tuttavia, in considerazione della lunghezza della traversa sismica, il grafico ottenuto, relativo alle onde S, risulta significativo fino ad una profondità di circa 30 metri.

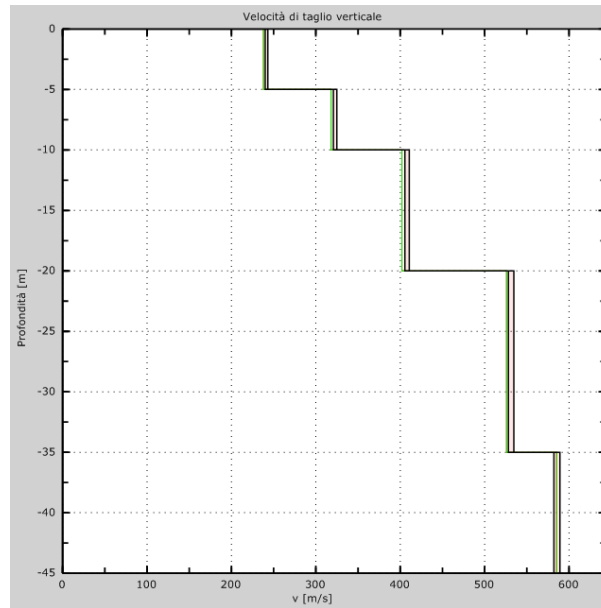


Fig. 5.2.4.I: Grafico della velocità delle onde di taglio nell’area indagata

La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

5.2.5 – Considerazioni Finali

Dall’esame del grafico (vedi fig. 5.2.4.I) ed in base alle risultanze dei dati sismici (vedasi figg. 5.2.3.I) si può arrivare a fornire i seguenti elementi progettuali:

Piano di riferimento z = 0 [m]	0
Vs30 [m/s]	375
Tipo di suolo ipotizzato	B
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 14-01-2008

5.3. – Registrazione microtremori

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

5.3.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; inoltre, mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida ed a verifica della prospezione sismica MASW, il valore di Vs30. La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 15 minuti). Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

5.3.2 - Categoria di suolo

Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{Vs}{4H}$$

5.3.3 - Elaborati dati d'indagine

Nome	borgonovohvsr\dati HVSR\pua.SAF
Passo temporale	6.45 ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	600s
Numero di sotto-intervalli	4

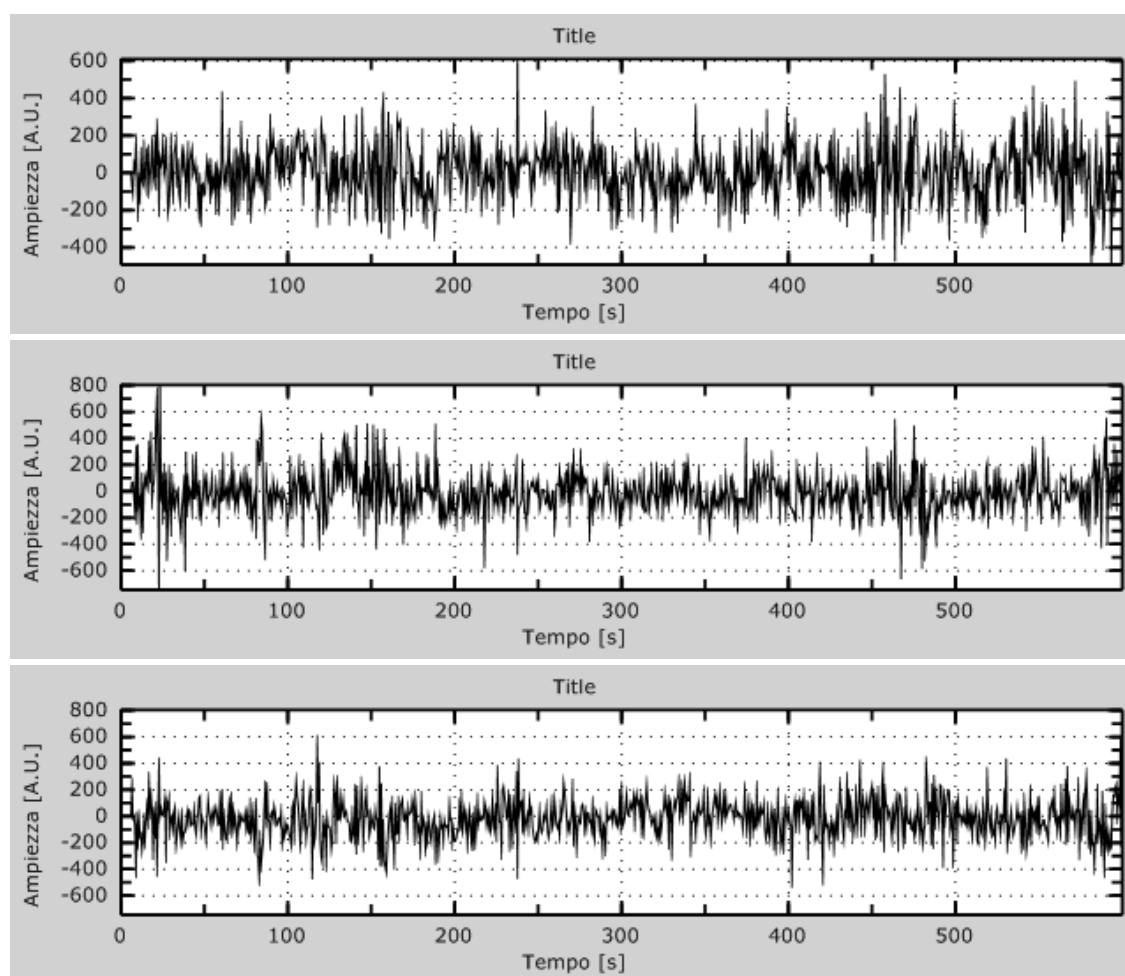


Figura. 5.3.3.I: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 5.3.3.II), per poi ricavare la Vs media per ogni singolo strato.

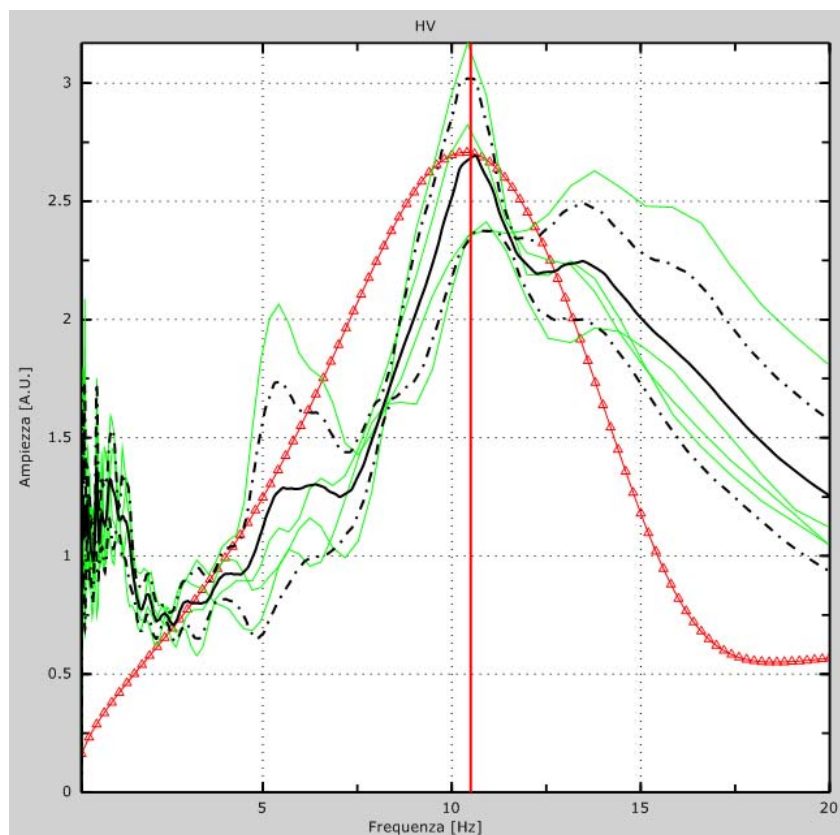


Figura 5.3.3.II: Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero); Numeratore (N) del rapporto H/V (marrone tratteggiato); Curve H/V sperimentali calcolate sulle singole finestre (altri colori).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	20 Hz
Numero di campioni	100
Passo in frequenza	0.2 Hz

5.3.4 - Analisi delle risultanze

I terreni in oggetto, nel punto di prova, saranno soggetti ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma. La frequenza in oggetto che potrebbe provocare particolari problemi “accoppiamenti di risonanza” fra strutture e terreno è stata individuata a **10,6 Hz ± 0,1 Hz**.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta comparabile con la prospezione sismica MASW e pari a circa 380 m/s. Quindi in base all’attuale normativa il sito d’interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**B**”.

6.0. – PROVE PENETROMETRICHE

La presente relazione geologica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafica (con particolare riguardo alle condizioni idrogeologiche) ed una prima caratterizzazione geomeccanica del terreno oggetto di nuova previsione urbanistica.

Nell'ambito territoriale, ai fini della rappresentazione litostratigrafica superficiale, sono state condotte delle indagini geognostiche nel corso delle campagne di rilevamento geognostico "dicembre 2014" e "gennaio 2015".

Allo stato attuale sono state prese in esame ed analizzate le seguenti indagini:

- n. 4 prova penetrometrica dinamica (DPM);
- n. 1 prova penetrometrica statica (CPT);

I sondaggi approntati sono ubicati come da planimetria in allegato 1 al presente rapporto, mentre i certificati penetrometrici sono riportati in allegato 5 e 6

6.1. – Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Al fine di ottenere informazione utili alla nuova previsione urbanistica ed in ottemperanza alla normativa tecnica vigente, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame attraverso l'approntamento di n° 4 prove penetrometriche dinamiche "medie" (vedasi diagramma in allegato 5 al presente elaborato). L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	β (°)	60
• passo infissione	δ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT.

I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

Le prove n° 2 e 3, approntate nella porzione settentrionale del comparto, hanno evidenziato una sequenza litostratigrafica costituita da una coltre argillo limo sabbiosa e limo sabbio argillosa inglobante ghiaie ciottolose, dello spessore complessivo di circa 7.00 metri, che ricopre depositi ghiaio ciottolosi in matrice limo sabbio argillosa.

Le prove n° 1 e 4, approntate nell'area dell'ex laghetto, hanno evidenziato una sequenza litostratigrafica costituita da una esigua coltre limo argillosa poggiante su depositi limo argillo sabbiosi inglobanti ghiaie ciottolose (spessore complessivo di circa 3.50÷4.00 metri); al di sotto compaiono le bancate ghiaio ciottolose in debole matrice limo sabbio argillosa.

Alla data del rilievo (dicembre 2014 - gennaio 2015), non si è rilevata la presenza d'acqua nei fori dei sondaggi.

I dati generali delle prove penetrometrica (certificati) sono riportati in allegato n° 5 al presente elaborato.

6.2. – Prove penetrometriche statiche (CPT)

La strumentazione utilizzata consiste in un penetrometro statico olandese "CPT" da 10 tonni le cui caratteristiche standard sono:

• lunghezza aste	metri	1
• peso fisso "esterno"	Kg	10
• peso totale aste	Kg/m	6.5
• peso aste interne	Kg/m	1.38
• diametro del cono	mm	35.7
• superficie della base	cmq	10
• superficie del "manicotto"	cmq	150

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} - 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero avorato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore collegata la punta.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Nei diagrammi e Tabelle allegate sono riportati i seguenti valori:

- R_p (Kg/cmq) = resistenza alla punta (conica)
- R_L (Kg/cmq) = resistenza laterale (manicotto)

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la "resistenza alla punta" e la "resistenza laterale" del penetrometro (BEGEMANN 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p)$ - (esperienze di SCHMERTMANN - 1978).

Il sondaggio penetrometrico statico ha rilevato una sequenza litostratigrafica, costituita da una coltre argillo limo sabbiosa e limo sabbio argillosa inglobante ghiaie ciottolose dello spessore complessivo di circa 7.00 metri, che ricopre depositi ghiaio ciottolosi in debole matrice limo sabbio argillosa.

Non si è rilevata la presenza d'acqua nel foro del sondaggio fino alla massima profondità indagata di circa 10.00 metri dal piano campagna (data rilievo 07 gennaio 2015).

I dati generali della prova penetrometrica statica approntata (certificati) sono riportati in *allegato n° 6 al presente elaborato*.

7.0 – STRATIGRAFIA POZZI AD USO ACQUEDOTTISICO

In allegato 7 al presente elaborato si riporta la stratigrafia profonda del pozzo ad uso aziendale-domestico preso a riferimento per la porzione di territorio in esame, proveniente dalla “*Banca dati Geognostici del Servizio Geologico e Sismico RER*”.

La Banca Dati Geognostica è stata realizzata con l'obiettivo prioritario di disporre di informazioni geologiche di sottosuolo ai fini della preparazione delle nuove Carte Geologiche di pianura in scala 1: 50.000, che la Regione Emilia-Romagna sta realizzando su incarico del Servizio Geologico Nazionale (Progetto CARG).

I dati provengono per la maggior parte da archivi di proprietà pubblica e privata, raccolti a supporto di indagini conoscitive di varia natura.

In figura 7.0.1 si riporta l'ubicazione del pozzo preso a riferimento su base Carta Tecnica Regionale (CTR scala 1: 2.500).

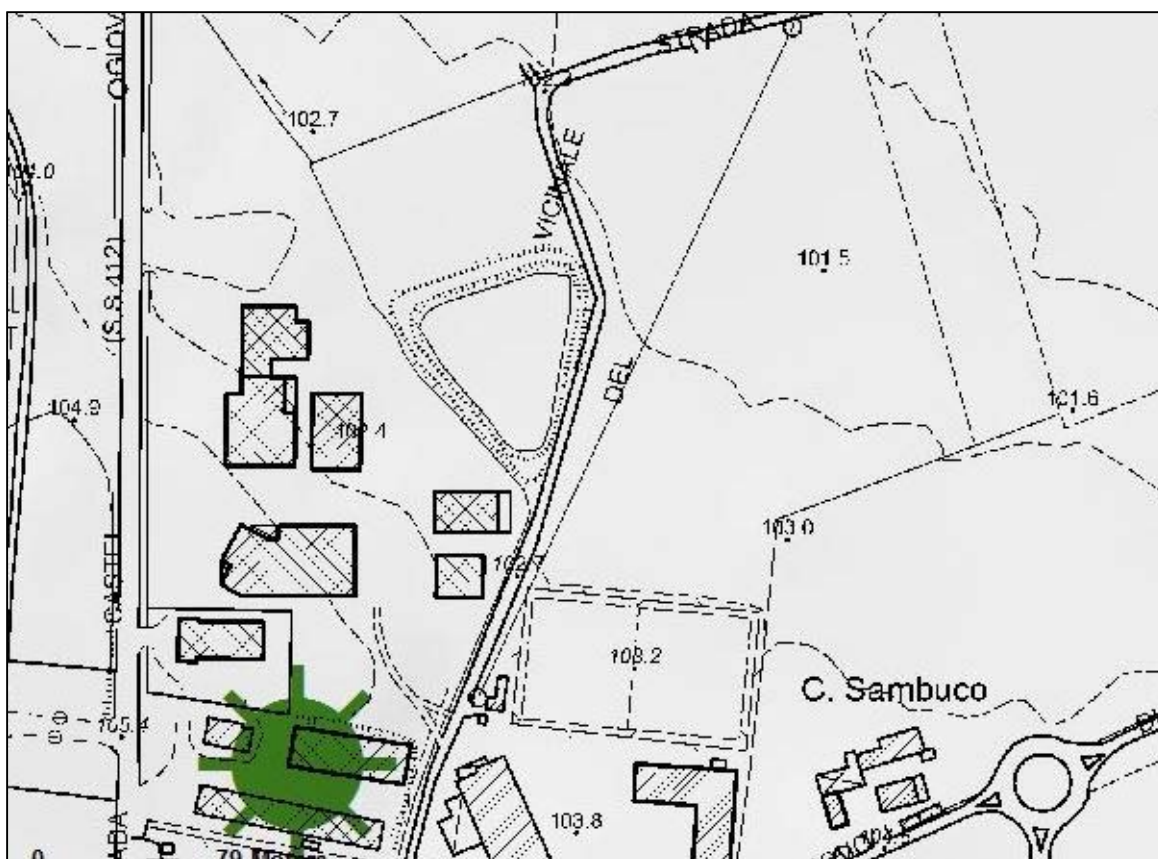


Fig. 7.0.1 - Ubicazione pozzi

8.0 – DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

L'insieme delle informazioni acquisite attraverso le indagini geognostiche precedentemente descritte ha permesso di definire un modello stratigrafico del terreno di fondazione, caratterizzato dalla presenza di tre livelli principali (in ordine crescente di profondità dal piano campagna: A1, B1 e B2), suddivisi in funzione della granulometria e del diverso grado di addensamento.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche litologiche e dello stato di addensamento dei livelli individuati (ovviamente tali dati tengono conto della presenza dell'invaso artificiale ed andranno aggiornati in funzione di quanto emergerà dalle successive fasi di sbancamento fondazionale):

LIVELLO A0 Suolo evoluto, giallo-ocraceo, impostato su depositi di origine limosi di origine a loro volta poggianti su suolo ad argille rossastre derivante dalla alterazione di depositi alluvionali ghiaiosi (ferrettizzazione).

LIVELLO A1 Depositi argillo limosi di colore rossastro e sporadici clasti (spessore massimo rilevato circa 5.00 m nella porzione settentrionale del comparto ed inferiore al metro nell'area ex laghetto).
Classificazione AGI: poco consistente.

LIVELLO B1 Il livello, della potenza compresa indicativamente tra 4.00 m e 7.00 m, è costituito da depositi limo argillo sabbiosi e limo sabbiosi prevalenti, inglobanti ghiaie ciottolose prevalentemente calcareo arenacee con dimensioni variabili da 2 ad oltre 10 centimetri.
Classificazione AGI: moderatamente consistente/addensato.

LIVELLO B2 Il livello è caratterizzato dalla presenza di ghiaie ciottolose prevalentemente calcareo arenacee eterogeneamente assortite in debole matrice limo sabbio argillosa.
Classificazione AGI: da moderatamente addensato ad addensato.

Malgrado i sondaggi penetrometrici abbiano rilevato solamente livelli umidi a partire da una quota di circa 1.50 metri dal piano campagna naturale (zona vaso artificiale), nel territorio di specifico interesse la superficie freaticometrica può collocarsi, in alcuni periodi dell'anno, ad una profondità minima compresa tra circa 5.00 e 6.00 metri, mentre il flusso idrico sotterraneo ha direzione prevalente SO – NE.

9.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ si è proceduto ad una caratterizzazione geomeccanica dei terreni siti in corrispondenza dell'area oggetto di analisi geognostica.

La definizione dalle indagini in situ dei parametri geotecnici è basata su rapporti empirici che utilizzano i valori N_{spt} e N_{spt} per le prove penetrometriche dinamiche, e della resistenza alla punta q_c per le statiche.

Ai fini dell'attendibilità dei valori, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, i risultati sono stati correlati con quelli derivanti dalle analisi di laboratorio.

Vista la parziale isotropia dei terreni indagati, al fine di ottenere una parametrizzazione geotecnica rappresentativa per tutta l'area indagata si è proceduto ad un'elaborazione statistica dei dati più "significativi" desunti dai sondaggi, ottenendo una serie di valori riassunti nella seguente tabella:

Strato	A①	B①	B②
Litologia prevalente	limi argillosi	limi sabbio ghiaiosi	ghiaie ciottolose
Spessore strato (m)	0.50 ÷ 4.00	4.00 ÷ 7.00	--
Peso di vol. naturale (T/mc)	$\gamma_{a1} \cong 1.65 \div 1.75$	$\gamma_{b1} \cong 1.65 \div 1.75$	$\gamma_{b2} \cong 1.95 \div 2.05$
Grado di cons. AGI	poco consistente	poco addensato	addensato
Coesione non drenata (Kg/cmq)	$C_u \cong 0.35 \div 0.45$	--	--
Angolo di attrito	--	$\theta \cong 25^\circ \div 28^\circ$	$\theta \cong 35^\circ \div 40^\circ$
Modulo di Edometrico (Kg/cmq)	$E_{ed} \cong 30 \div 50$	--	--
Modulo di Young (Kg/cmq)	--	$E_y \cong 40 \div 55$	$E_y \cong 40 \div 55$

9.0.I – tabella parametri geotecnici

Si precisa che, non avendo avuto disposizioni dai tecnici progettisti di eseguire prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno), le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa.

Le modalità di realizzazione di qualsiasi intervento edilizio (con particolare riferimento alle scelte delle strutture di fondazione) dovranno necessariamente emergere dall'esecuzione di dettagliate indagini geotecniche e sismiche così come prescritto dal D.M. 14/01/08".

10.0. - CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

10.1. - Introduzione

La possibilità che si verifichi un terremoto di forte intensità in molte aree del nostro paese è una realtà con cui deve convivere la maggior parte della popolazione italiana che risiede nei comuni classificati sismici. La storia sismica del nostro paese ci dimostra, infatti, che la ricorrenza di forti eventi è estremamente elevata e dove quelli catastrofici (con migliaia di morti) si ripresentano numerose volte all'interno di un periodo inferiore al secolo. Solo da pochi anni, in seguito ai gravi eventi sismici succedutisi ed all'impatto dei mass-media che hanno portato in tutte le case i disastrosi effetti, è aumentato il grado di sensibilizzazione del mondo politico e dell'opinione pubblica sulla necessità di attuare una seria politica di prevenzione.

*La via indicata dalla comunità scientifica per difendersi dai terremoti è la **prevenzione**, quindi in sinergia con i quadri politico-culturali si sono individuati quattro strumenti di prevenzione sismica.*

- Per prima cosa bisogna individuare le zone che possono essere interessate da un terremoto e suddividerle o meglio, **classificarle (Zonazione sismica)**, in base alla loro "*pericolosità sismica*", basandosi sulla sismicità storica, sulla geologia strutturale e sulla sismotettonica e su studi sismologici.
- All'interno di ogni zona classificata, studiando le diverse situazioni geologiche, morfologiche e geotecniche del terreno (analisi delle condizioni locali), bisogna poi determinare il modo in cui esso reagisce alle sollecitazioni indotte dalle onde sismiche che lo attraversano (terreni sismicamente stabili e sismicamente instabili) valutando così i possibili fenomeni di instabilità e liquefazione nel primo caso, e i possibili fenomeni di filtraggio e focalizzazione, che influenzano lo scuotimento in superficie. Tali effetti vengono indicati nella terminologia sismica come effetti di sito e costituiscono quella che secondo un'accezione consolidata viene definita "Risposta Sismica Locale" (RSL). La valutazione degli effetti di sito e degli effetti locali è alla base degli studi di **Microzonazione Sismica (MS)**.
- I risultati analitici raggiunti con la MS devono poi essere recepiti ed utilizzati dalla società, determinando così gli ultimi due strumenti preventivi: la **Pianificazione urbanistica** e la **Progettazione antisismica**. Le Amministrazioni locali devono servirsene per valutare quali zone del loro territorio necessitano di particolari limiti, divieti e condizioni di edificazione, mentre il progettista deve utilizzarli per dimensionare costruzioni che resistano senza collassare ai terremoti.

10.2. - Strumenti di prevenzione sismica

Per attuare una politica di prevenzione in un territorio sismico occorre:

- stabilire il livello della scossa sismica da scegliere come riferimento per il sito (scelta del *terremoto di progetto*);
- prevedere gli *scenari sismici* associati (effetti di sito, instabilità per liquefazione, movimenti franosi, rotture del terreno, cedimenti, ecc.);
- stabilire in relazione al rischio accettabile la *destinazione urbanistica* dell'area e/o i provvedimenti da assumere (nel caso di siti costruiti o di utilizzazione di aree molto esposte);
- specificare il livello di danno accettabile per le costruzioni normali e speciali e le *azioni sismiche* da considerare per la progettazione antisismica.

In *relazione alla scala*, le operazioni di prevenzione sismica non solo si differenziano tra loro ma assumono anche diversa denominazione.

In generale, si definiscono **quattro livelli e strumenti di prevenzione**, e cioè:

- a) **Zonazione sismica** (scala nazionale);
- b) **Microzonazione sismica** (scala regionale, provinciale, comunale, locale);
- c) **Pianificazione urbanistica** (scala provinciale e comunale);
- d) **Progettazione antisismica** (scala di singolo manufatto).

La **zonazione sismica** è l'operazione che ha per obiettivo la definizione del livello di esposizione alle azioni sismiche delle varie parti del paese e l'assegnazione ad ogni zona di alcuni parametri ingegneristici utili per la progettazione strutturale (accelerazione nominale e spettri di progetto).

La **microzonazione sismica** ha per obiettivo la definizione del livello di esposizione di un'area di dimensioni molto variabili che possono essere quelle di una regione o di una provincia.

La **pianificazione urbanistica** è l'operazione che traduce in termini di criteri d'uso del territorio, a scala provinciale (con riferimento soprattutto alle infrastrutture) e scala comunale (con riferimento soprattutto alla localizzazione delle aree di espansione e agli interventi sull'esistente) gli esiti degli studi di zonazione e o microzonazione.

La **progettazione antisismica** delle nuove opere ingegneristiche e l'adeguamento sismico del patrimonio esistente sono l'obiettivo cardine della prevenzione sismica.

La progettazione antisismica di una singola opera (anche di tipo speciale) può essere condotta, seppure con l'ausilio delle normative e nel rispetto dei vincoli urbanistici, nonché sotto il controllo degli enti pubblici, anche da un singolo professionista.

10.3. - Normativa sismica nazionale

Le norme sismiche possono essere suddivise in *due* topologie:

- la prima, relativa all'edilizia antisismica, raggruppa sia le “**norme tecniche di costruzione in zona sismica**”, che stabiliscono i criteri con cui gli edifici devono essere costruiti, sia le “**norme dette di classificazione, che delimitano cioè le zone sismiche**”, con i relativi gradi di rischio (prima categoria, seconda ecc.). Ad ogni zona sismica corrispondono determinate e cogenti regole tecniche statali: ogni comune (minima porzione sismica) è classificato sismico in base alla classificazione nazionale, alla zona a cui appartiene. Il progettista che deve dimensionare un edificio che si vuole costruire nel comune deve attenersi rigidamente ai cogenti criteri normativi tecnici propri della zona sismica;
- la seconda tipologia invece, riguarda le “**norme emanate a seguito di un evento sismico**”, e si limita a comprendere solo quelle che dichiarano lo stato di calamità, quelle che definiscono lo stato di danneggiamento dei Comuni, e quelle che autorizzano interventi urgenti a favore delle zone colpite da eventi sismici (ne sono un tipico esempio quelle emanate in seguito allo sciame sismico che ha interessato le regioni Marche ed Umbria a partire dal 26 settembre 1997).

Il **quadro normativo vigente** che riguarda, direttamente o indirettamente, le zone sismiche afferisce a due filoni principali, uno relativo alla protezione civile, e l'altro relativo alla normativa sismica, integrata da ulteriori leggi relative agli strumenti urbanistici. In questo contesto, i punti di convergenza fra protezione civile e pianificazione territoriale sono stati per lo più portati avanti da leggi e regolamenti regionali che si sono dimostrati più vicini alle realtà ed ai problemi specifici del loro territorio.

Il corpus legislativo che regola la **protezione civile** risale, di fatto, all'ultimo decennio. Fra le leggi nazionali di fondamentale importanza citiamo per sinteticità *l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20/03/2003*.

L'assetto normativo sismico *attualmente in vigore* è costituito da un **doppio binomio** normativa tecnica + classificazione:

- quello *nuovo*, rappresentato dall'Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 pubblicata sulla GU l'8 maggio;
- quello “*vecchio*”, previgente a questa data, rappresentato dalla Legge n. 64/1974 e dal corpo di leggi e decreti, sia dello Stato che Regionali, che ne sono derivati: in particolare rappresentato, per quanto concerne il settore “tecnico”, dal Decreto Ministeriale del 3 marzo 1975 (e successive modifiche ed integrazioni) e, per quanto riguarda il settore “classificazione”, dalla serie di Decreti del ministro dei lavori pubblici emanati tra il 1979 e il 1984.

Le **norme classificative individuano le zone sismiche** decretando la “zonazione” del territorio nazionale, cioè la suddivisione in aree a differenti gradi di sismicità S e, dunque, differenti livelli di pericolosità e rischio sismico. Le principali norme classificative in ordine cronologico sono:

- *RD n. 193 del 18/04/1909*
- *RD n. 431 del 13/03/1927*
- *RDL n. 2125 del 22/11/1937*
- *Legge n. 1684 del 25/11/1962*
- *Serie di Decreti del Ministero dei Lavori Pubblici 1981/84 (l'ultimo è datato 14/07/84)*
- *Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/03*

La valutazione del rischio è fortemente dipendente dalla valutazione della pericolosità e perciò dal livello di completezza con cui questa viene descritta.

L'individuazione di zone sismiche dovrebbe quindi utilizzare più valori di parametri descrittivi dello scuotimento, ma è prassi diffusa riferirsi ad un unico livello di scuotimento «di riferimento» (**probabilità di superamento del 10% in 50 anni**), salvo adottare poi correttivi che consentano, nell'ambito delle norme tecniche, di variare i livelli delle azioni per specifiche costruzioni in modo da controllare i tipi di rischio di interesse specifico per le stesse.

Rispetto alla pericolosità di ‘riferimento’, la normativa tecnica si pone l'obiettivo minimo di garantire:

- *un rischio di crollo sufficientemente basso (quindi la salvaguardia della vita umana) per le costruzioni correnti;*
- *la limitazione del danno e il mantenimento della funzionalità delle strutture essenziali agli interventi protezione civile a fronte di azioni sismiche più frequenti.*

Le norme tecniche di costruzione in zona sismica sono fatte non perché non ci siano danni e morti, ma per limitarli il più possibile. Esse devono:

- definire **l'azione sismica**, cioè quantificare la severità di un terremoto ai fini della valutazione di sicurezza delle costruzioni;
- fornire **le regole del “buon costruire”**, stabilendo *i criteri* con cui devono avvenire la progettazione e l'edificazione delle strutture soggette ad azioni sismiche nelle aree classificate sismiche.
- definire l'idoneità e sicurezza degli edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni, **programmando gli interventi di adeguamento.**

L'emanazione della normativa sismica tecnica è sempre stata, ed è tuttora, di competenza Statale. Le principali norme tecniche di costruzione in zona sismica, in ordine cronologico, sono:

- *RD n. 193 del 18/04/1909.*
- *DLL n. 1526 del 05/11/1916.*
- *RDL n. 2089 del 23/10/1924.*
- *RD n. 431 del 13/03/1927.*
- *RDL n. 640 del 23/03/1935.*
- *Legge n. 1684 del 25/11/1962.*
- *Legge n. 64 del 02/02/1974.*
- *Decreto Ministeriale LL. PP. del 3 marzo 1975: con i successivi aggiornamenti.*
- *Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/03.*
- *Ordinanza PCM n. 3519 del 28/04/06.*

Infine vanno ricordati anche:

- *DPR n. 380 del 06/06/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia -:* "decretone" ancora in fase di emanazione (data l'ampiezza dell'argomento disciplinato) che raccoglie tutti i provvedimenti in materia edilizia e dunque in materia sismica tecnica.
- *CONSIGLIO SUPERIORE DEI LL.PP.- Servizio Tecnico Centrale - Linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma – dicembre 1998-:* non si tratta di una legge ma di linee guida, per cui di argomentazioni non cogenti. Nonostante siano molto valide (*trattano, tra l'altro, anche se in maniera semplificata, il problema dell'amplificazione locale del moto sismico*), non vengono seguite da nessuno (in Emilia Romagna non sono state mai applicate) primo, perché non sono obbligatorie, e secondo, perché richiedono analisi molto particolareggiate e precise (infatti la loro applicazione è vincolata alla supervisione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).
- *DM 14 settembre 2005* che detta la normativa tecnica per le costruzioni con effetti sull'attività edilizia e pianificatoria, rendendo inoltre operativa la classificazione sismica dell'intero territorio nazionale stabilita dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.
- *D.M. 14. 01. 2008* pubblicato sul supplemento ordinario n. 30 alla G.U. n. 51, del 29 febbraio 2008.

10.4. - Direttive Regionali: l'Emilia Romagna

Un punto della legislazione attuale che ci interessa sottolineare prioritariamente riguarda la *ripartizione delle competenze fra Stato e Regioni in materia di prevenzione del rischio sismico e di protezione sismica*.

In Italia, negli ultimi venticinque anni, importanti cambiamenti sono avvenuti infatti sul piano del rapporto fra Stato, Regioni ed enti locali: sotto tale profilo la situazione attuale è la seguente:

- il compito di fissare i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la redazione delle norme tecniche di progettazione per le costruzioni nelle medesime zone è attribuito *allo Stato* (art. 81, Decreto Legge n. 616 del 24 agosto 1977; art. 93, comma 1, lettera g, Decreto Legge n. 112 del 31 marzo 1998) e, per essere più precisi, dal 9 novembre 2001, al *Dipartimento della Protezione Civile* (Legge n. 401);
- il giudizio di compatibilità dei piani urbanistici con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche del territorio nelle zone sismiche ("*materia urbanistica*" e, quindi, "*materia di Microzonazione*") è, invece, assieme al controllo a campione sulle costruzioni (art. 20, Decreto Legge n. 741 del 10 dicembre 1981), di *competenza regionale* (art. 20, DL n. 741); così come è *prerogativa regionale e degli enti locali*, seppure condizionati al trasferimento delle risorse economiche, il compito di individuare le zone sismiche nell'ambito del proprio territorio e di provvedere alla formazione e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (art. 94, comma 2, lettera u, Decreto Legge n. 112 del 31 marzo 1998).

La scelta dei livelli di protezione sismica è dunque assegnata alle Amministrazioni Regionali e locali.

Sono loro che riassumendo *le preferenze politiche della collettività decidono di "adottare"* le carte di MS trasformandole nelle carte delle microzone.

Il problema della protezione sismica, dunque, non è solo un problema scientifico e tecnico ma anche un problema politico, sociale e culturale.

Vengono riportate infine le più significative norme regionali dell'Emilia Romagna *in materia sismica*.

Tralasciando gli innumerevoli provvedimenti emanati in seguito a terremoti che hanno interessato il territorio regionale, con lo scopo di dichiarare lo stato di calamità, definire lo stato di danneggiamento dei Comuni, autorizzare interventi urgenti a favore delle zone colpite da terremoti, l'elenco riporta essenzialmente leggi che sono conseguenza del federalismo sancito dai Decreti legislativi n. 741/1981 e n. 112/1998.

DCR (Delibera Consiglio Regionale) **2 febbraio 1984 n. 2407**: prima diretta conseguenza regionale del DL n.741.

LR 19 giugno 1984 n. 35 *Norme per lo snellimento di procedure per le costruzioni in zone sismiche e per la riduzione del rischio sismico. Attuazione dell'art. 20 della Legge 10 dicembre 1981 n. 741.* B.U.R. (Bollettino ufficiale regionale) 21 giugno 1984, n. 81

DCR 1036/1986: introduzione dello "Studio di Fattibilità" quale atto preliminare ai *Piani di recupero urbanistico-edilizio* previsti dalla legge n. 457/1978

LR n. 6/1989: predisposizione di "Piani di recupero urbanistico-edilizio" di immobili, complessi edilizi, isolati o parti di tessuto urbano" nel territorio regionale, in base alla legge n. 457/1978 e al contributo regionale n. 1036/1986.

LR 14 aprile 1995 n. 40: *Modifiche ed integrazioni alla LR n. 35. recante norme per lo snellimento delle procedure per le costruzioni in zone sismiche.* B.U.R. 19 aprile 1984, n. 76.

LR 19 aprile 1995 n. 44. Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenda Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

LR 19 aprile 1995 n. 45. Disciplina delle attività e degli interventi della Regione Emilia-Romagna in materia di protezione civile.

Circolare 16 aprile 1996, prot. 11084. Adeguamento degli strumenti urbanistici e dei vigenti regolamenti edilizi dei comuni classificati sismici alle norme tecniche (aggiornamento del 16 gennaio 1996), in base all'art. 17 della LR 35/84, modificata nel 1995 dalla n. 40.

LR 21 aprile 1999 n. 3: "*Riforma del sistema regionale e locale*", attuazione del DL n. 112/1998: in particolare, all'art. 145 (Individuazione delle zone sismiche).

LR 16 febbraio 2000 n. 20. "*Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio*": legge urbanistica molto attenta allo sviluppo dei piani regolatori.

LR n. 16/2002: sostituiva della LR n. 6/1989 ed integrativa del DCR n. 1036/1986: riprende l'indicazione delle priorità per l'aumento della sicurezza rispetto alle azioni sismiche nei finanziamenti sia per Piani di recupero urbanistico-edilizio "di immobili, complessi edilizi, isolati o parti di tessuto urbano" sia per i "programmi unitari di manutenzione del patrimonio edilizio e dei relativi spazi pubblici, per parti del tessuto urbano".

LR 25 novembre 2002 n. 31. "*Disciplina generale sull'edilizia*", norma che recepisce il DPR n. 380 del 06/06/2001 - *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia*.

LR n.10/2003. "*Modifiche alle leggi regionali 24 marzo 2000, n. 20, 8 agosto 2001, n. 24, 25 novembre 2002, n. 31 e 19 dicembre 2002, n. 37 in materia di governo del territorio e politiche abitative*".

Delibera Assemblea Legislativa Progr. 112, Proposta della Giunta Regionale in data 10 gennaio 2007 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio".

11.0. - CONSIDERAZIONI LOCALI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

11.1 - Cenni sulla sismicità storica del territorio

La zonazione sismogenetica ZS4 è stata tracciata dal GNDT., applicando la metodologia di Cornell, con lo scopo prevalente di servire a valutare la probabilità di occorrenza di terremoti medio-forti sul territorio nazionale.

La figura 11.1.I mostra il comportamento cinematico atteso delle strutture sismogenetiche nelle varie zone del territorio nazionale. Ogni zona sorgente, rappresentata da un poligono, viene assunta come omogenea; all'interno di essa i terremoti possono verificarsi in ogni punto con la medesima probabilità.

Analizzando la mappatura si desume che l'ambito comunale di Borgonovo Val Tidone è ascrivito in parte alla zona b (zone di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure) con un valore probabilistico atteso pari a 26.

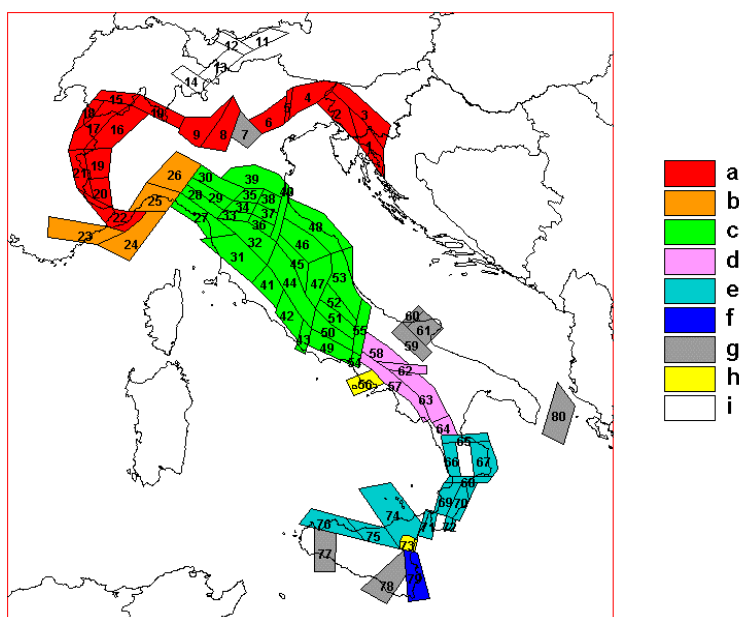


fig. 11.1.I - reperibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/P511/NoteWorkshop.html>

Dall'interrogazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" CPT04, del quale si riporta un estratto (*Gruppo di lavoro CPT01, 1999, 2004 – ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 1999*), per un intorno significativo del capoluogo comunale di Borgonovo Val Tidone (lat. 45,016 e long. 9,444), sono stati identificati una serie di eventi sismici tra i quali i più intensi presentano una magnitudo equivalente "significativa" compresa tra 5,5 e 6,0.

Storia sismica di Borgonovo Val Tidone
[45.016, 9.444]

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
4	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
NF	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56

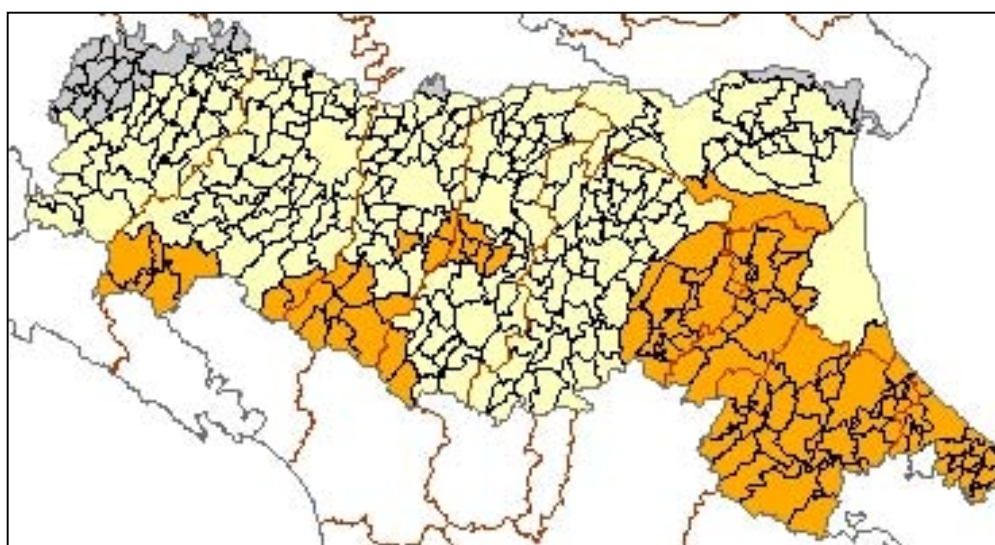


Località vicine (entro 10km)

Località	Stato	NMO	Distanza
Agazzano	IT	3	10km
Castel San Giovanni	IT	4	5km
Pianello Val Tidone	IT	3	8km

11.2. - Zone sismiche

Come già enunciato nei precedenti paragrafi la nuova normativa tecnica disposta dall'Ordinanza n° 3274/03 introduce una differente classificazione dell'intero territorio nazionale, passando dalla suddivisione in n° 3 zone (D.M. 16-01-1996) alla divisione in n° 4 zone (vedasi fig. 11.2.I).



ZONE



Fig. 11.2.I

A ciascuna zona sismica risulta assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g).

Nelle tabella 1 successiva sono riportate le accelerazioni per ogni zona omogenea di riferimento.

TABELLA 1		
	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI AG/G	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) AG/G
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie Zone

Nella prima colonna della Tabella 1 è riportato il valore di picco orizzontale del suolo (a_g/g) espresso in percentuale di "g" (accelerazione di gravità) mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni.

I valori di cui alla Tabella 1 sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da Formazioni litoidi o Rigide definite quali suoli di fondazione di Categoria A ($V_s \geq 800$ m/s) (vedi paragrafo seguente).

È da sottolineare quindi che in base al nuovo elenco tutto il territorio nazionale è in pratica considerato potenzialmente sismico, con livelli di rischio così come definiti nella tabella 2.

TABELLA 2	
ZONE OMOGENEE	LIVELLO DI RISCHIO SISMICO
1	Elevata sismicità
2	Media sismicità
3	Bassa sismicità
4	Minima sismicità

Il territorio comunale di Borgonovo Val Tidone è stato ascritto a **zona sismica 4**: vi corrispondono aree di minima sismicità con un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio massima al suolo a_g pari a 0,05 g (da norme tecniche).

Si ricorda infine che l'11 maggio 2006 è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana la nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri numero 3519 relativa ai criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

Al Comune di Borgonovo Val Tidone è assegnato un valore di $a(g)$ per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni pari a **0.096 g**.

11.3. - Analisi di pericolosità sismica locale

Al termine del proprio mandato il Gruppo di Lavoro (SSN-GNDT)¹ ha consegnato al DPC² le carte di rischio sismico del territorio nazionale. Queste rappresentano rispettivamente, per ciascun comune e su base annua, l'ammontare atteso dei danni relativi al solo patrimonio abitativo e il numero medio delle persone coinvolte nei crolli di abitazioni.

Gli elaborati di rischio sono stati ottenuti a partire da una rappresentazione probabilistica (metodo di Cornell) dei tassi anni di occorrenza in intensità MCS³, calcolati con relazioni di attenuazione differenziate regionalmente e mediando su due diversi criteri di stima dei tassi di sismicità in ciascuna zona sorgente.

Le cartografie realizzate hanno permesso una dettagliata analisi di rischio sismico per tutta la nazione riferita al patrimonio abitativo.

Le figure 11.3.I. e 11.3.II rappresentano, a scala regionale, rispettivamente la “mappa del danno percentuale atteso”, e la “mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni” (valutata a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica – ING e reperibili al sito:

http://www.serviziosismico.it/PROG/G_RISCHI/PERDANTOT/perdantot_f.html).

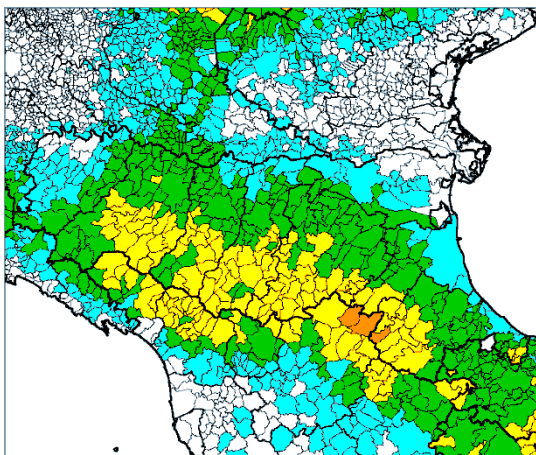
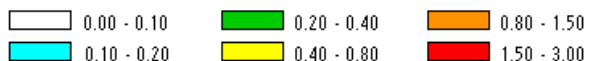


fig 11.3.I -Mappa del danno atteso (in %) a scala regionale

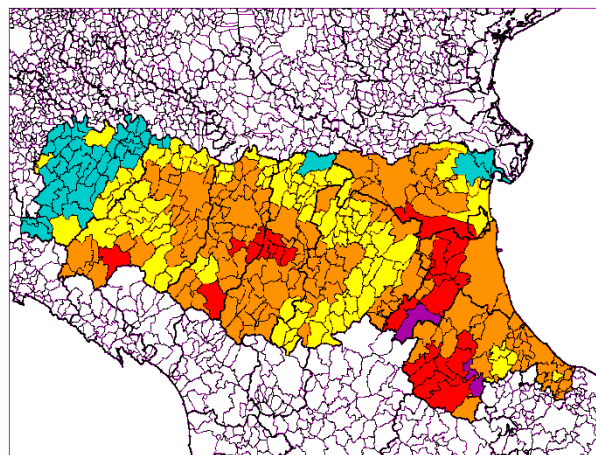


fig. 11.3.II – Mappa intensità macrosismiche osservate

1 SSN-GNDT: Servizio Sismico Nazionale - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, appartenente al CNR
 2 DPC: Dipartimento di Protezione Civile
 3 MCS: scala Mercalli-Cancani-Sieberg

Dalle mappe mostrate si evince che per quanto concerne il territorio comunale di Borgonovo Val Tidone il danno percentuale atteso e le massime intensità macrosismiche osservate presentano entrambi tra i valori più bassi delle scale in legenda, rispettivamente compresi tra 0.00% e 0.10% e ≤ 6 (intensità massima osservata).

Per quanto concerne la mappa di pericolosità sismica elaborata dal GdL INGV (AA.VV., 2004) (Figura 11.3.III) il comune di Borgonovo Val Tidone, è caratterizzato da una classe di a.max, con valori mediamente compresi tra 0.075g e 0.100 g.

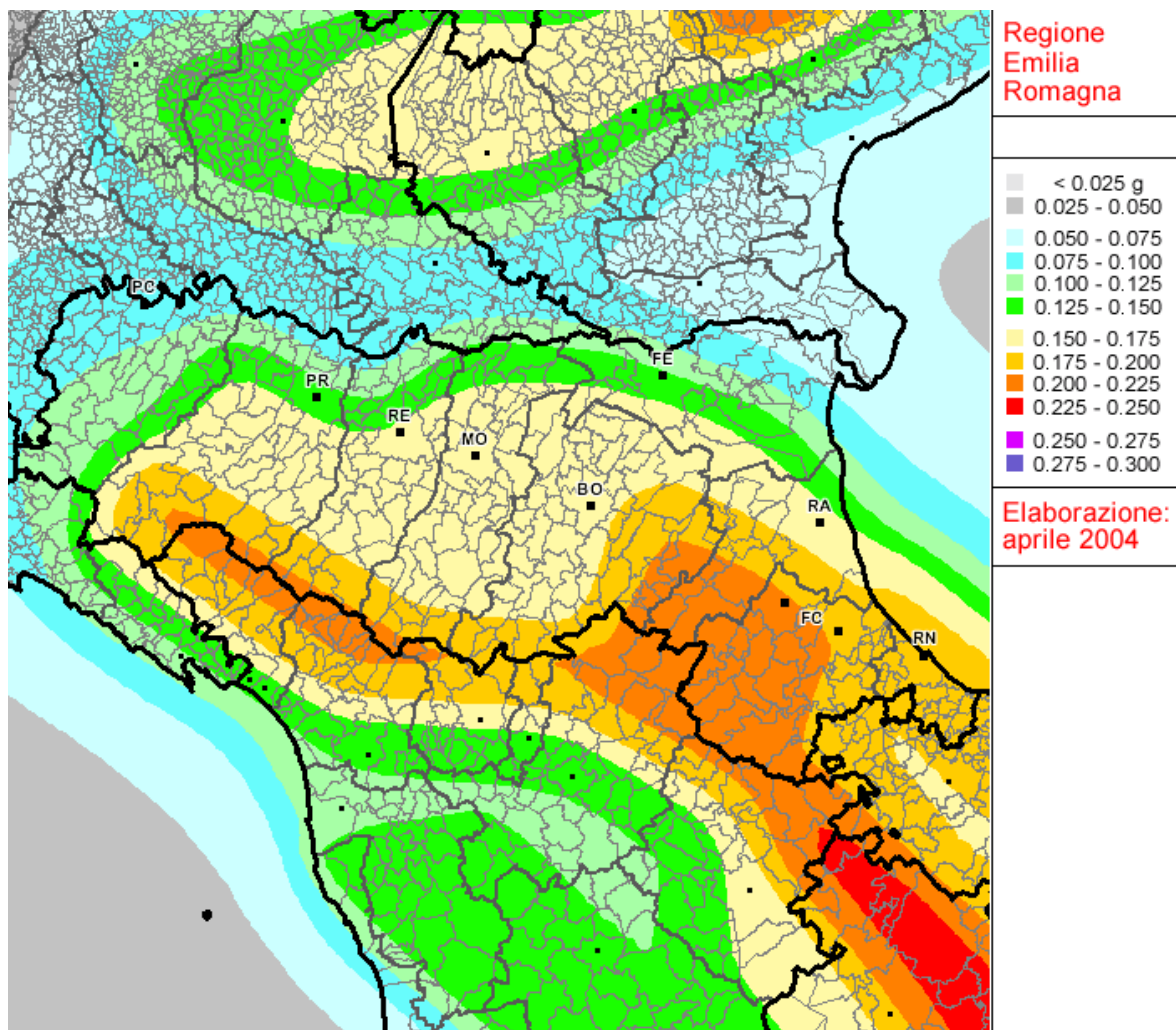


Fig. 11.3.III - Mappa delle pericolosità sismica

11.4. – Compatibilità sismica dell'area oggetto di PUA

Riferimenti normativi: L.R. 20/2000, OPCM n. 3274 del 20/03/2003, DM 14 settembre 2005, DGR n. 1677 del 24/10/2005, Delibera dell'Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 02 maggio 2007.

Nell'ambito della sicurezza del territorio e difesa del suolo, strettamente connesso al tema del dissesto idrogeologico, si colloca la valutazione del rischio sismico che richiede un'analisi dettagliata anche in relazione all'attuale quadro normativo. Ai sensi dell'art. A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione".

Inoltre, l'art. 37 della L.R. 31/2002 "Disciplina generale dell'edilizia" e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le "condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"; il punto 9.3 della circolare n. 6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le "condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio" sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14/9/2005 (pubblicato sul suppl. ord. N. 159 alla G. U. n. 222 del 23 settembre 2005) "Norme Tecniche per le Costruzioni" che recepisce la nuova classificazione sismica nazionale (OPCM 3274/2003) tutti i comuni sono classificati sismici, con diverso grado di pericolosità sismica, e sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1.); in assenza di tali studi si utilizzeranno i criteri e i parametri proposti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).

Le NTC definiscono anche i criteri geologici e geotecnici per l'elaborazione di piani urbanistici e progettazione in ampie superfici (punto 7.3.10.).

Il D.M. 14/9/2005 è stato recepito dalla Regione Emilia-Romagna con la deliberazione di Giunta Regionale n. 1677 del 24/10/2005 che, al punto 6., forniva indicazioni sui contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, in particolare sulle analisi di pericolosità a supporto dei piani (punto 6.1) e sui pareri preventivi sui piani (punto 6.2).

In questi punti la DGK 1677/2005 ribadiva che gli strumenti urbanistici dovevano essere compatibili con la pericolosità sismica locale, come previsto già dalla circolare 1288 de11/02/1983 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali".

In questa circolare al punto 0.3 - ZONE SISMICHE si specifica che "... nei Comuni classificati sismici l'indagine geologica dovrà interessare anche tutto il territorio urbanizzato, oltre naturalmente le nuove aree insediabili, nonché le fasce di territorio riguardanti le più importanti reti infrastrutturali (...) ricomprese o che attraversano il territorio comunale. In questo caso la relazione geologica deve dare un contributo specifico alla valutazione della vulnerabilità sismica del territorio soprattutto per quanto attiene alla valutazione della dinamica degli "effetti indotti" dalle scosse sismiche sul terreno interessato dal patrimonio edilizio ed infrastrutturale esistente, nonché sulle aree di probabile sviluppo insediativo (sono effetti indotti dalla propagazione delle onde sismiche nel terreno: la generazione di frane, crolli e cedimenti, la ripresa del movimento in paleofrane S.I. stabili a memoria d'uomo, la eventuale liquefazione per presenza d'acqua in suoli sciolti, l'accentuazione dei fenomeni erosivi e probabili alluvionamenti, l'amplificazione locale delle scosse sismiche e conseguenti fenomeni di esaltazione degli effetti del terremoto in superficie legati all'assetto litologico, morfologico, tettonico e idrologico dei terreni superficiali). Sulla base di tale valutazione sarà quindi possibile definire zone territoriali omogenee dove costruire con minor rischio, dove potrà essere opportuno adottare coefficienti di fondazione maggiorati nel rispetto della normativa vigente e dove non costruire affatto..".

La Delibera dell'Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 2 maggio 2007 adotta l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

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

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

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

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

Nella sopraccitata delibera regionale è previsto che gli studi di risposta sismica locale e microzonizzazione sismica vengano condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità, delle applicazioni, nonché degli scenari di pericolosità locale.

Nella prima fase di studio (Primo Livello di Approfondimento), si definiscono gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè le parti di territorio comunale suscettibili di pericolosità sismica locale, (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno ecc): occorre ricordare che nei comuni classificati in zona 5 può risultare sufficiente tale grado di approfondimento, salvo individuazioni di scenari di pericolosità significativi.

Nella seconda fase di studio (Secondo Livello di Approfondimento), sarà eseguito uno studio di Microzonizzazione Sismica (MZS), limitatamente alle aree urbanizzate o suscettibili di urbanizzazione, le fasce di territorio riguardanti le reti infrastrutturale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase di studio.

Il terzo livello di approfondimento è finalizzato a quantificare gli effetti locali con maggior dettaglio, utilizzando le indicazioni contenute negli allegati della Delibera di Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 02-05-2007, e nel data base regionale.

11.4.1 - Categoria di sottosuolo

Le NTC prevedono la definizione dell'azione sismica sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In assenza di tali analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento riportate nella tabella in fig. 11.4.1.I (NTC ed EuroCodice 8).

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} (velocità media di propagazione entro i 30 metri di profondità), se disponibile, altrimenti sulla base del numero di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), oppure sulla coesione non drenata media C_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Le Onde trasversali o di taglio (S) sono body-wave tali da provocare nel materiale attraversato oscillazioni perpendicolari alla loro direzione di propagazione.

Le Onde longitudinali o di compressione (P) determinano invece compressioni e rarefazioni del mezzo in cui viaggiano ed ai loro passaggio le particelle del materiale attraversato compiono un moto oscillatorio nella direzione di propagazione dell'onda.

Sono, fra le onde generate da un terremoto, le più veloci, e dunque le prime avvertite ad una stazione sismica (onda prime P).

La velocità delle Onde S è necessariamente inferiore alla velocità delle Onde P; esse raggiungono velocità che si aggirano solitamente intorno ai 60-70% della velocità delle prime.

La velocità di propagazione delle onde sismiche nei terreni e nelle rocce dipende da molti fattori, quali la granulometria o la natura mineralogica, la porosità o il grado di cementazione e di fratturazione (RQD), la presenza della falda o il semplice contenuto in acqua o in gas, la topografia, ecc..

La V_{s30} viene determinata con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1.N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:
 h_i = spessore (m.) della i -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;
 V_i = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;
 n = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Categoria di suolo	Descrizione
A.	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.</i>
B.	<i>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_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).</i>
C.	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).</i>
D.	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $c_u < 70$ kPa).</i>
E.	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.</i>

Fig. 11.4.1.I - Categorie di sottosuolo

Alle cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali vengono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

In conclusione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al **capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008**.

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo, alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze nel paragrafo 5.1 "Prospezioni sismiche con metodologia MASW", risulta: **$V_{s30} \cong 375$ m/s.**

Il suolo di fondazione dell'area oggetto di PUA è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo B**. Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica **Ss** risulta pari a **1.20**.

11.4.2 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "terreni potenzialmente liquefacibili".

Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

Come vedremo in seguito, in riferimento ai parametri litostratigrafici-idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 6) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione** [rif. *Metodo di Seed e Idriss modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR*].

Il metodo di Seed e Idriss è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0.015z$$

mentre per il fattore correttivo MSF si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

La resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si ottiene un grafico (Fig. 1) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1.60}) = C_N \cdot N_m$$

dove:

N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT;

C_N è un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove:

σ'_{v0} è la pressione verticale effettiva;

Pa la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{v0} ;

n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 2).

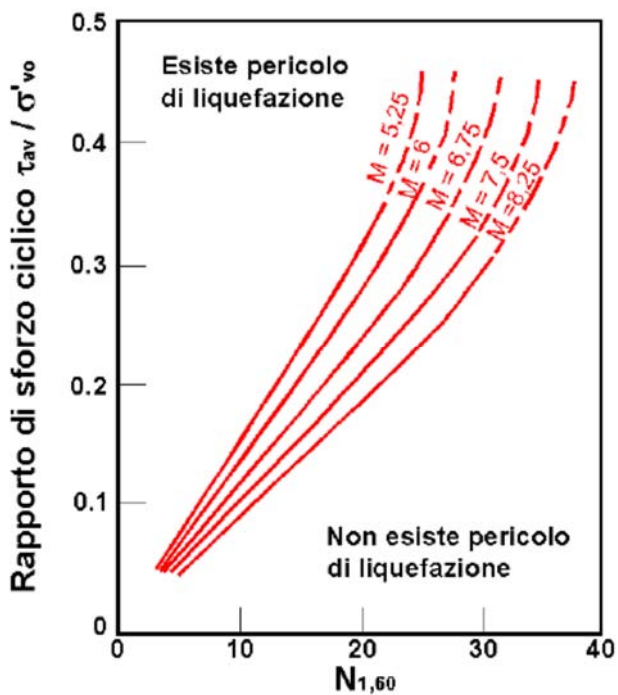


Figura 1 – Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$.

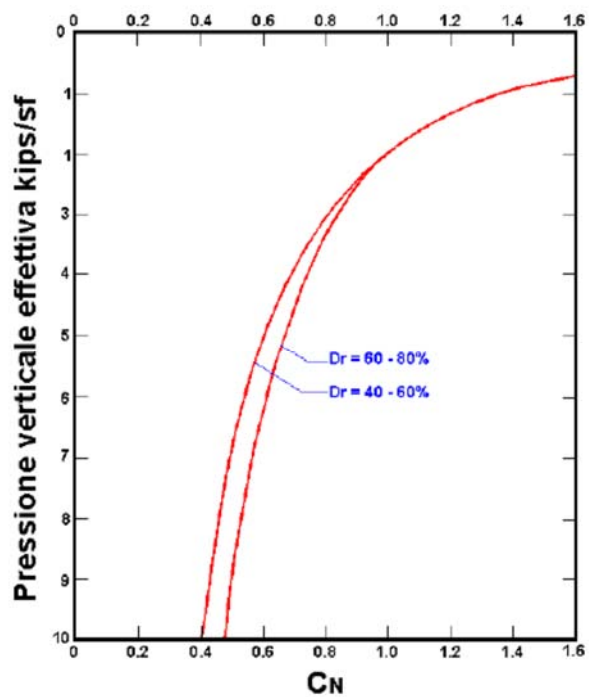


Figura 2 – Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$CRR \approx \frac{N_{1.60}}{90}$$

Si applica quindi la:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

se $F_s > 1,3$ il deposito non è liquefacibile.

Nel caso specifico, in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) e degli elementi geognostici in nostro possesso (parametri geotecnici e litologici del sedime fondazionale), la F_s è risultata sempre maggiore di 4,00.

Si precisa che, la liquefazione non avviene se l'azione sismica non raggiunge valori di accelerazione massima a_{max} superiori a 0.10 g (NTC08). Si evidenzia quindi come manca l'effetto scatenante.

11.4.3. - Primo livello di approfondimento

Per quanto concerne la porzione di territorio oggetto di PUA, con riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (*vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02 maggio 2007*), sono elencate nella seguente tabella le principali caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti locali, quali ad esempio: amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc. ecc..

Tabella "A"

<p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):</p> <ul style="list-style-type: none"> - detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., - depositi morenici, depositi da geliflusso); - detriti di conoide alluvionale; - depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; - accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e coni di deiezione); - depositi fluvio-lacustri; - riporti antropici poco addensati; - substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m); - litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec⁴.
<p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m;
<p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione); - depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori $N_{spt} < 15$ o $cu < 70$ kPa.
<p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi; - aree potenzialmente instabili" aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati⁵ con acclività $> 15^\circ$; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate sub-verticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all' orlo di scarpate).
<p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; cavità sepolte.

⁴ Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

⁵ Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

Per quanto concerne il comparto oggetto della presente analisi, sito nel territorio comunale di Piacenza, si propone di individuare e valutare gli eventuali scenari di pericolosità sismica locale mediante il “Primo Livello di Approfondimento”

Con riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007), sono elencate nella tabella A, riportata in seguito, le caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti in sito (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

In relazione alle condizioni litostratigrafiche e geomeccaniche emerse dai rilievi (rif. punti I e III in tabella A) i terreni presenti nel sottosuolo possono considerarsi “sismicamente stabili”, in quanto costituiti da depositi intravallivi terrazzati e depositi ghiaiosi conglomeratici, appartenenti alla “Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano”, mediamente addensati e di elevato spessore, con caratteristiche meccaniche nell’insieme da sufficienti a discrete, che interagendo con le onde sismiche prodotte da un dato terremoto ne possono amplificare e modificare lo scuotimento senza pervenire a rottura, deformazioni permanenti significative (liquefazione) e con cedimenti “relativamente limitati”. Liquefazione (rif. *Metodo di Seed e Idris modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR*): in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) ed agli elementi geognostici in nostro possesso (parametri geotecnici e litologici del sedime fondazionale), la F_s (*fattore di sicurezza*) è risultata sempre maggiore di 1,95 (se $F_s > 1,3$ il deposito non è liquefacibile). In riferimento agli effetti di sito indicati nei punti IV), V): non siamo in presenza di zone instabili, né tanto meno contatti tra litotipi con caratteristiche geomeccaniche “molto differenti”.

Per quanto concerne il punto II (*elementi morfologici che possono determinare amplificazione*), essendo in presenza di una configurazione topografica “non complessa” possiamo adottare la seguente classificazione (rif. Tab. 3.2.IV delle *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*):

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

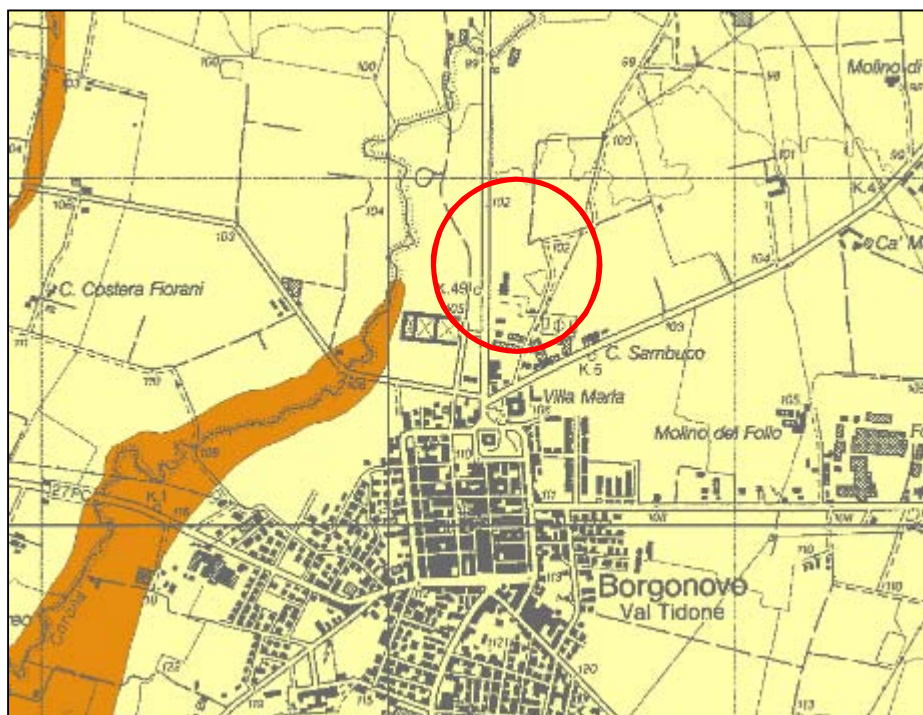
Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri. Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.VI delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario. La porzione di territorio sul quale verrà sviluppato l'intervento in progetto, si presenta pressoché sub-pianeggiante, con una acclività inferiore al 1%. In base a quanto specificato nella normativa di riferimento per angoli medi di pendio inferiori ai 15° gli effetti topografici potranno essere tralasciati. Quindi, la morfologia caratteristica del sito è ascrivibile alla categoria topografica T1, nella quale il coefficiente S_T è pari a 1,00.

In conclusione, non si rilevano condizioni di “pericolosità geologica locale” tali da condizionare lo sviluppo della pianificazione proposta. Tuttavia, essendo in presenza di depositi alluvionali in grado di produrre seppur modeste amplificazioni dell'evento sismico, conformemente alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (*Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007*) ed alle prescrizioni del P.T.C.P. vigente (rif. Tav.A1.4 - “Carta delle aree suscettibili di amplificazione sismica” in fig. 11.4.3.I), verrà sviluppato, nel paragrafo seguente, anche il “Secondo livello di approfondimento”.



Legenda

D. Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V&S_0 < 800$ mt/s e assimilati



Fig. 11.4.3.I

11.4.4 - Secondo livello di approfondimento

L'amplificazione sismica locale viene valutata mediante **coefficienti di amplificazione (FA)**.

Dal momento che l'area oggetto di intervento si colloca in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c. - PIANURA 2) si devono usare le seguenti tabelle (rif. *Allegato A2 del D.G.R. n. 2131*).

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Valori dei Fattori di Amplificazione (Appendice A2 del D.G.R. n. 2131)

Per una velocità presunta delle onde di taglio prossima ai 380 m/s (V_{s30}), entro i primi 30 metri di profondità nei depositi alluvionali che costituiscono il sottosuolo dell'area in studio (rif. successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano), i fattori di amplificazione valgono rispettivamente:

- F.A. P.G.A. $\cong 1.40$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE $-0.1s < T_0 < 0.5s \cong 1.60$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE $-0.5s < T_0 < 1.0s \cong 1.90$

12.0 – RIUSO E RECUPERO DALL'AREA “EX LAGHETTO”

Il progetto attuativo prevede il ritombamento dell'area destinata all'ex laghetto artificiale (vedasi documentazione fotografica in fig. 12.0.I), sino alla ricostruzione dell'originario piano campagna.

Si precisa che il “modesto” laghetto artificiale, fin dalla sua creazione, non è stato utilizzato per lo scopo preposto, in quanto la selettiva permeabilità del fondo non garantiva una efficace tenuta idraulica dell'invaso.



fig. 12.0.I

Attualmente il laghetto artificiale si caratterizza geometricamente come segue:

<i>Superficie complessiva invaso:</i>	<i>circa 3700 mq</i>
<i>Profondità dal colmo delle arginature artificiali:</i>	<i>circa 3.30÷4.30 metri</i>
<i>Profondità dal piano campagna originario:</i>	<i>circa 2.30÷2.90 metri</i>
<i>Altezza arginature artificiali:</i>	<i>circa 1.00÷1.40 metri</i>
<i>Inclinazione delle scarpate artificiali:</i>	<i>circa 30°÷45°</i>

Per il livellamento dell'invaso artificiale sarà necessaria la posa in opera di materiale di riporto.

Tale materiale dovrà essere scelto con cura ed idoneo sia dal punto di vista "geomeccanico" che "qualitativo".

In particolare dovrà essere verificato che il terreno di ritombamento possieda caratteristiche ambientali compatibili con il sito di recapito e quindi conforme alle "CSC" per i siti ad uso "produttivo" (rif. D. Lgs.152/06, colonna "B", Tab. 1, Allegato 5 parte IV, Titolo 5).

Il materiale di riporto dovrà essere costituito da un misto granulare e ciottoli, possibilmente sia calcarei che calcarenitici, eventualmente miscelato con il terreno ottenuto dalla "demolizione" delle arginature artificiali e/o dagli scavi fondazionali approntati nella porzione di comparto esterna all'ex laghetto (opportunamente privato della coltre vegetata).

Lo stesso dovrà essere posto in opera in strati di circa 15÷30 cm. efficacemente compattati con mezzi meccanici tipo rulli lisci o a piede di pecora.

Questa azione, garantendo una certa compattezza al riporto, lo renderà in grado di reggere strutture di "modesta entità", che comunque non dovranno incidere significativamente con il loro peso sulla stabilità complessiva del materiale posto in opera.

Occorre precisare che il riporto di materiale calcareo o calcarenitico nel tempo potrà essere soggetto a potere auto cementante, che se da un lato va a favore della portanza, dall'altro può determinare degli abbassamenti.

Tali assestamenti dovranno essere compensati mediante la posa in opera di successivi strati opportunamente rullati.

E' importante sottolineare che, le modalità di realizzazione di qualsiasi intervento edilizio nella zona "ex laghetto", con particolare riferimento alle scelte delle strutture di fondazione, dovranno necessariamente emergere dall'esecuzione di dettagliate indagini geotecniche e sismiche da effettuarsi terminato l'intervento di ritombamento.

13.0 - CONCLUSIONI

Per l'area oggetto del presente Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata, espressamente indicata dalla committenza, sono stati analizzati nel dettaglio una serie di parametri atti a fornire valutazioni sull'idoneità all'uso previsto (geolitologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e litostratigrafici).

E' stata, inoltre, valutata la compatibilità dell'area di piano con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana (art. 10, comma 1, della L.R. 19 giugno 1984, n. 35). In riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007), sono elencate nella tabella A (rif. pag. 11.4.3) le caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti in sito (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). In ragione della bassa sismicità dell'ambito comunale (zona 4) e di quelle che sono le condizioni morfologiche e litostratigrafiche dalla porzione di territorio in esame:

- area prive di fenomeni di instabilità;
- condizioni topografiche tali da non indurre fattori di amplificazione dell'azione sismica (rif. Tab. 3.2.VI delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008);
- terreni di fondazione non soggetti a deformazioni permanenti e/o significative (*liquefazione*);
- terreni di fondazione "sismicamente stabili", con caratteristiche meccaniche nell'insieme "discrete", che interagendo con le onde sismiche prodotte da un dato terremoto (intensità massime previste pari a 6 MCS), ne possono amplificare e modificare lo scuotimento senza pervenire a rottura e con cedimenti limitati;

non si rilevano condizioni di "pericolosità geologica locale" tali da vincolare la pianificazione proposta.

Dalle verifiche effettuate si evince che l'intervento proposto, relativo all'Area di Trasformazione Produttiva, si colloca in un ambito territoriale non gravato da particolari vincoli di carattere prettamente geologico-ambientale, all'interno del quale i processi di trasformazione devono soltanto rispettare gli indirizzi e le direttive del P.T.C.P. e del P.S.C. vigente. **In conclusione si ritiene che la pianificazione proposta sia da considerarsi compatibile con le condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio e quindi idonea alla "trasformazione" proposta, fatta salva l'osservanza della seguente prescrizione:** "le modalità di realizzazione di qualsiasi intervento edilizio (con particolare riferimento alle scelte delle strutture di fondazione nell'area dell'ex laghetto) dovranno necessariamente emergere dall'esecuzione di dettagliate indagini geotecniche e sismiche così come prescritto dal D.M. 14/01/08".

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Ortofoto RER della porzione di territorio oggetto di PUA

Piacenza: Gennaio 2014

IL GEOLOGO
Dott. Nicola Cavanna

Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 1






PLANIMETRIA UBICAZIONI SONDAGGI GEOGNOSTICI

in scala 1: 1.000, su base ortofoto RER

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla



-  *Prove penetrometriche statiche (CPT)*
-  *Prove penetrometriche dinamiche (DPM)*
-  *Prospezione sismica (HVSr)*
-  *Stendimento sismico-tomografico a rifrazione (1 - 24)*
-  *Prospezione sismica (MASW)*

Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 2

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE (RISULTANZE)

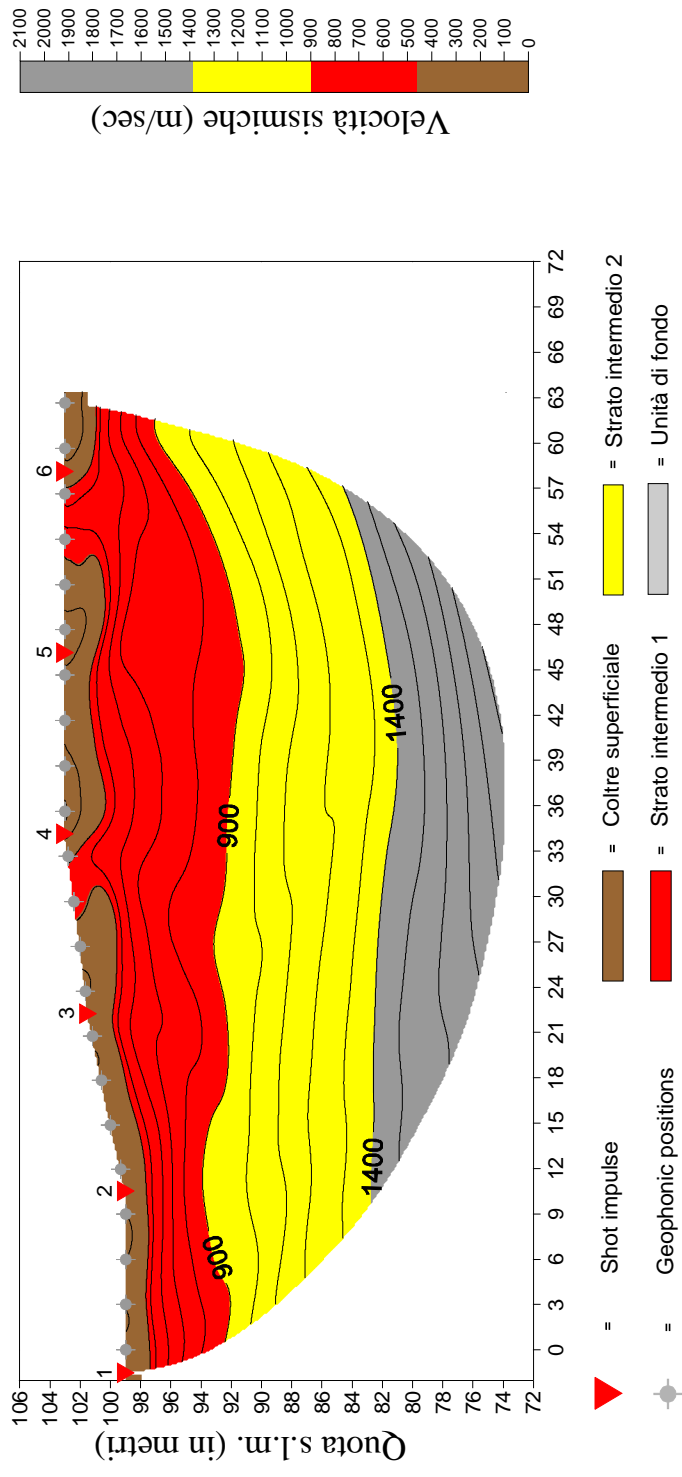


1 pagina

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla

Provincia: Piacenza - Comune: Borgonovo Val Tidone



Tomografia sismica

Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 3

PROSPEZIONE SISMICA “MASW” (RISULTANZE)



1 pagina

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla

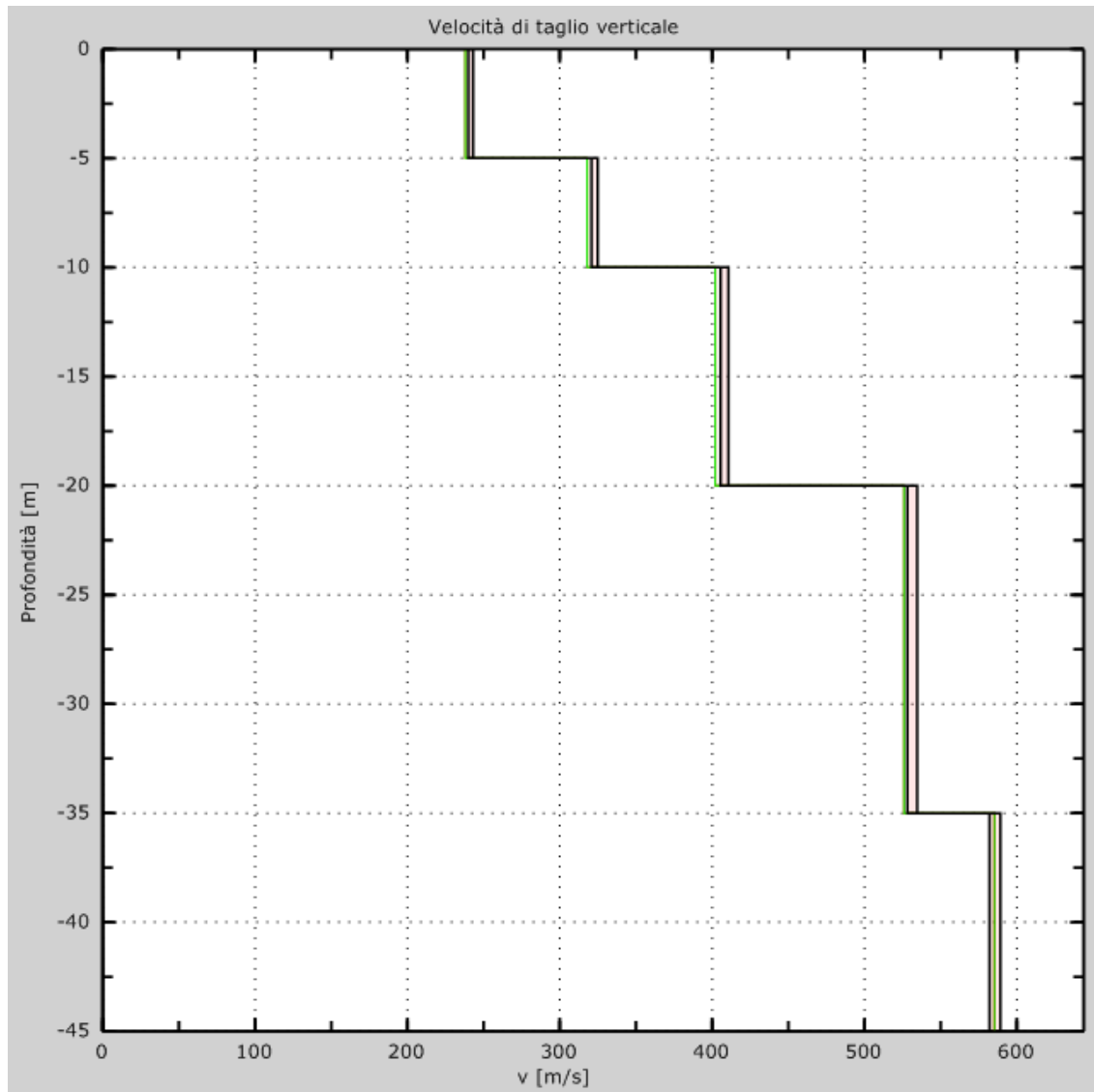


Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Vs30 [m/s]	375
Tipo di suolo	B
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 14-01-2008

Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 4

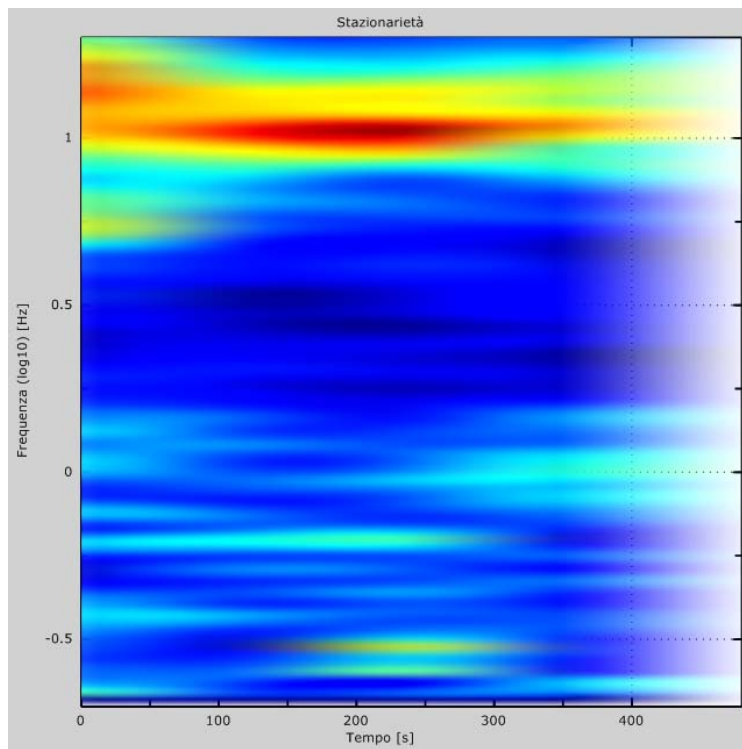
PROSPEZIONE SISMICA "HVSr" (RISULTANZE)



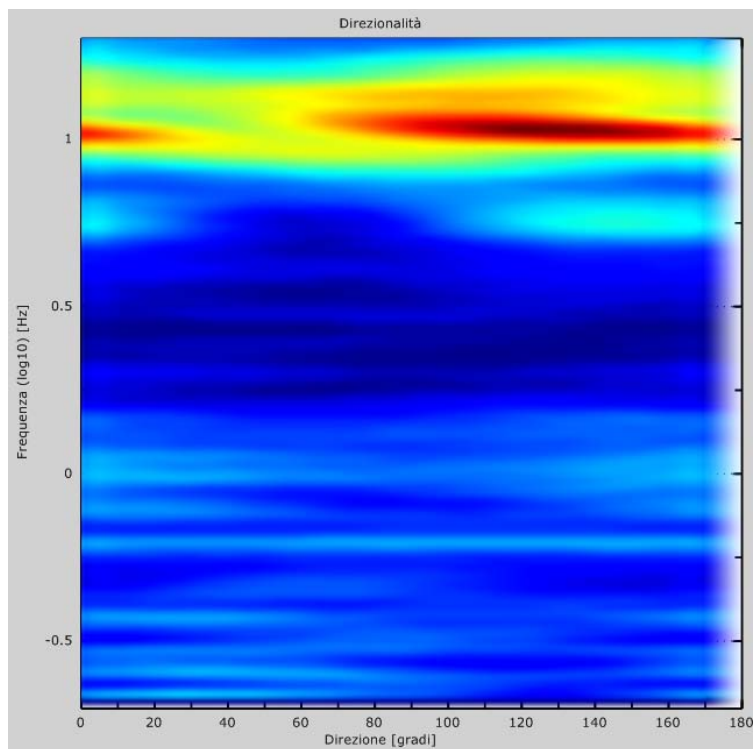
1 pagina

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla



Stazionarietà



Direzionalità

Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 5

CERTIFICATI PENETROMETRICI (DPM)



9 pagine

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova
Falda non rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)
23/12/2014
4,50 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	2
0,20	4
0,30	3
0,40	2
0,50	2
0,60	11
0,70	14
0,80	17
0,90	27
1,00	23
1,10	24
1,20	15
1,30	11
1,40	12
1,50	10
1,60	8
1,70	8
1,80	8
1,90	12
2,00	14
2,10	14
2,20	5
2,30	4
2,40	14
2,50	11
2,60	11
2,70	16
2,80	16
2,90	16
3,00	36
3,10	14
3,20	3
3,30	3
3,40	10
3,50	11
3,60	13
3,70	19
3,80	30
3,90	15
4,00	23
4,10	24
4,20	34
4,30	38
4,40	40
4,50	40

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 07/01/2015
 Profondità prova 7,70 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	1
0,20	1
0,30	1
0,40	2
0,50	3
0,60	3
0,70	4
0,80	5
0,90	4
1,00	5
1,10	5
1,20	4
1,30	5
1,40	4
1,50	4
1,60	4
1,70	3
1,80	2
1,90	3
2,00	3
2,10	3
2,20	3
2,30	4
2,40	5
2,50	6
2,60	8
2,70	7
2,80	8
2,90	6
3,00	7
3,10	7
3,20	8
3,30	13
3,40	15
3,50	12
3,60	9
3,70	6
3,80	5
3,90	3
4,00	4
4,10	3
4,20	3
4,30	5
4,40	4
4,50	4
4,60	3
4,70	3
4,80	3
4,90	3
5,00	4
5,10	7
5,20	5

5,30	11
5,40	10
5,50	9
5,60	13
5,70	10
5,80	5
5,90	4
6,00	12
6,10	19
6,20	11
6,30	8
6,40	14
6,50	21
6,60	28
6,70	17
6,80	16
6,90	13
7,00	12
7,10	17
7,20	12
7,30	40
7,40	40
7,50	35
7,60	40
7,70	40

PROVA ... Nr.3

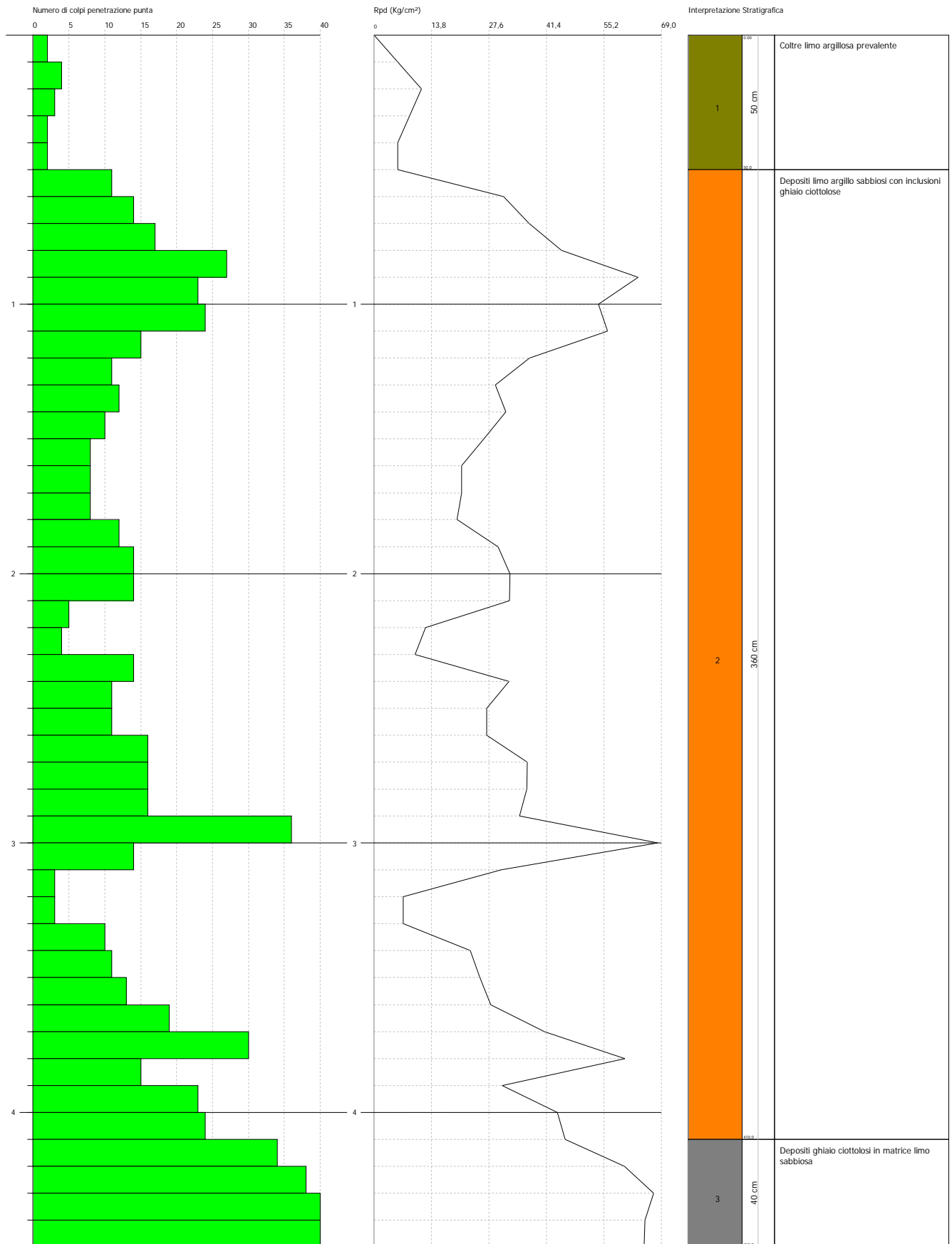
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 23/12/2014
 Profondità prova 4,50 mt
 Falda non rilevata

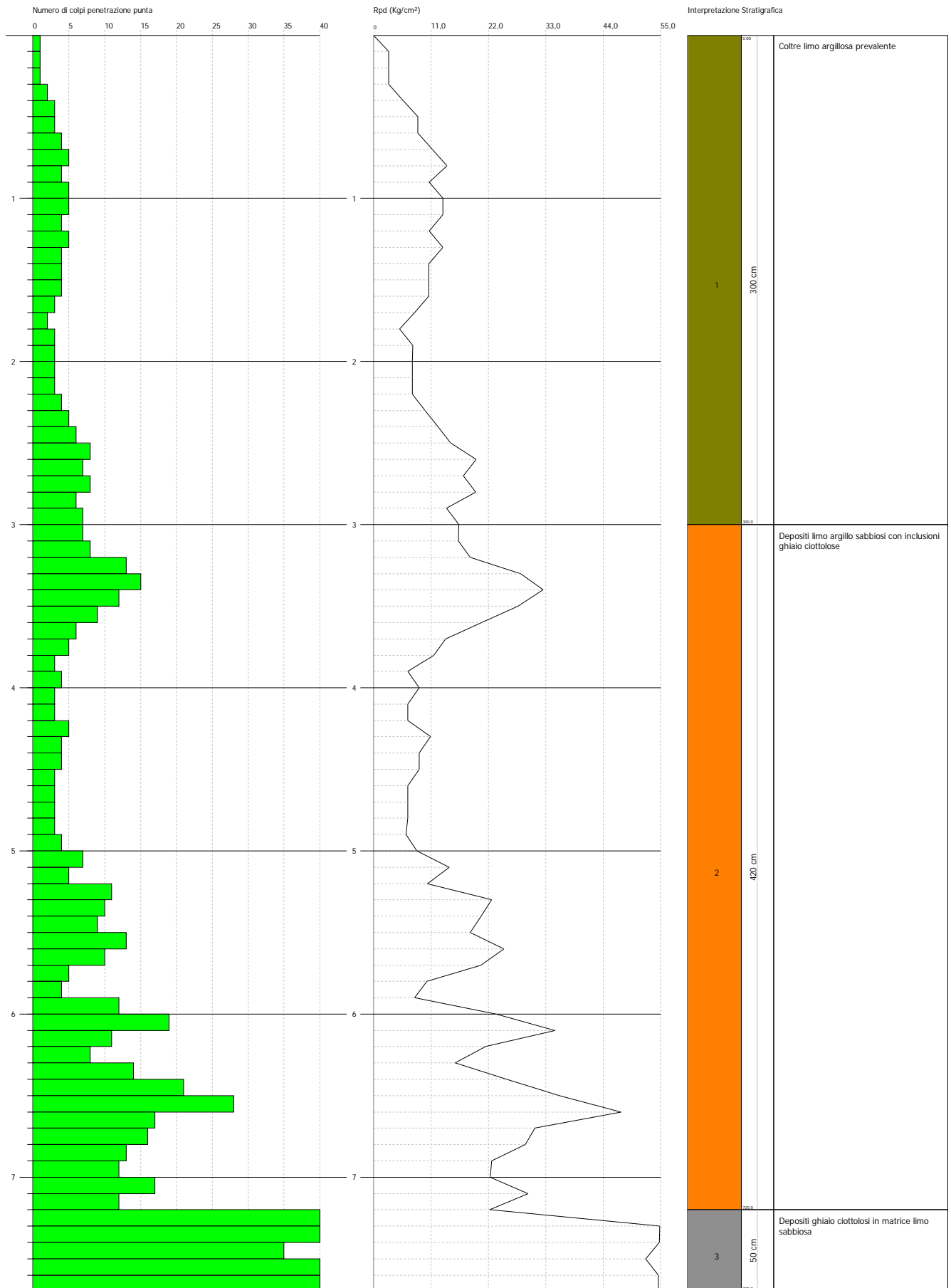
Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	1
0,20	2
0,30	2
0,40	2
0,50	3
0,60	3
0,70	4
0,80	4
0,90	5
1,00	5
1,10	5
1,20	5
1,30	4
1,40	5
1,50	6
1,60	4
1,70	4
1,80	3
1,90	3
2,00	3
2,10	4
2,20	3
2,30	4
2,40	4
2,50	4
2,60	5
2,70	7
2,80	8
2,90	5
3,00	4
3,10	3
3,20	3
3,30	3
3,40	3
3,50	9
3,60	8
3,70	12
3,80	4
3,90	16
4,00	20
4,10	22
4,20	28
4,30	35
4,40	40
4,50	40

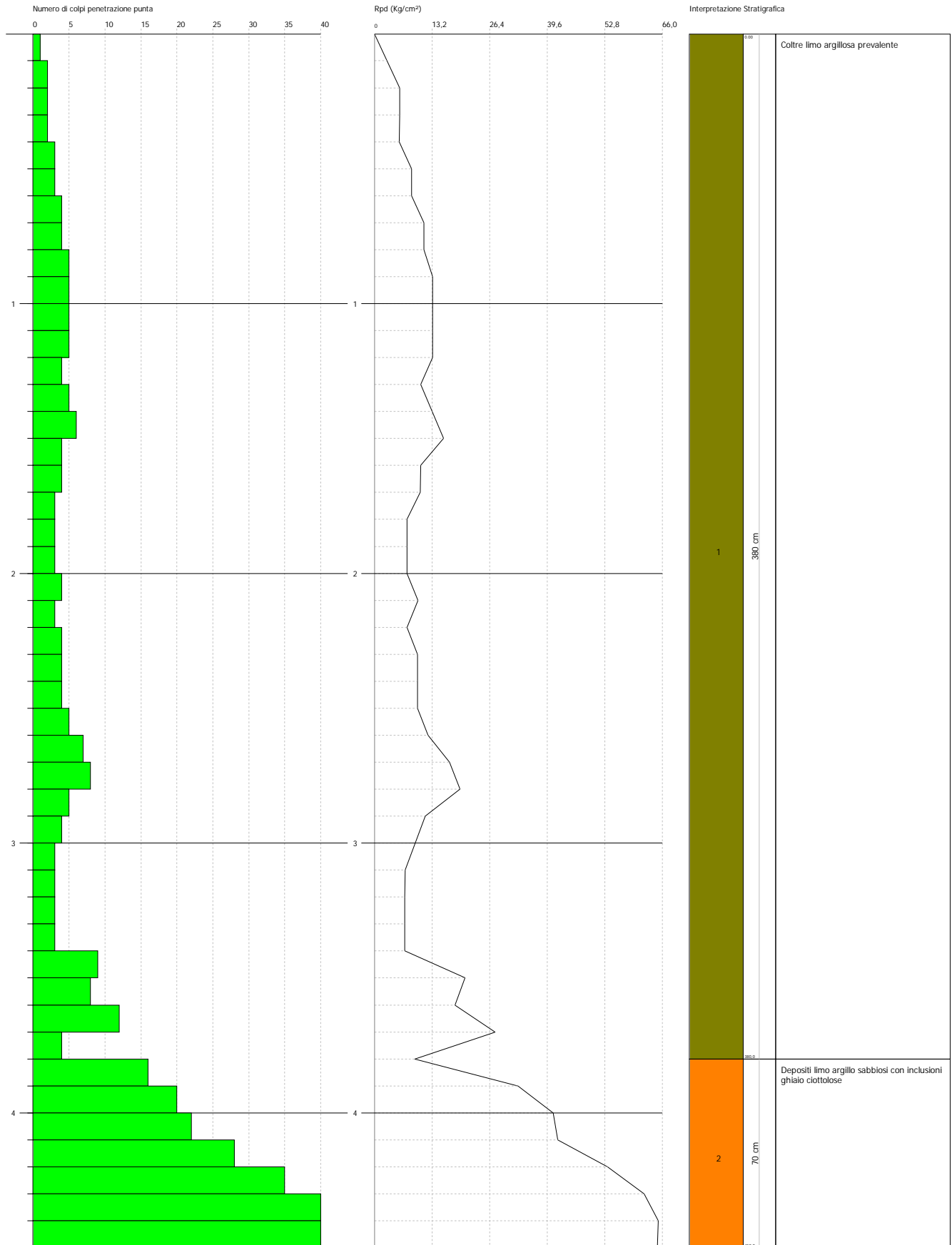
PROVA ... Nr.4

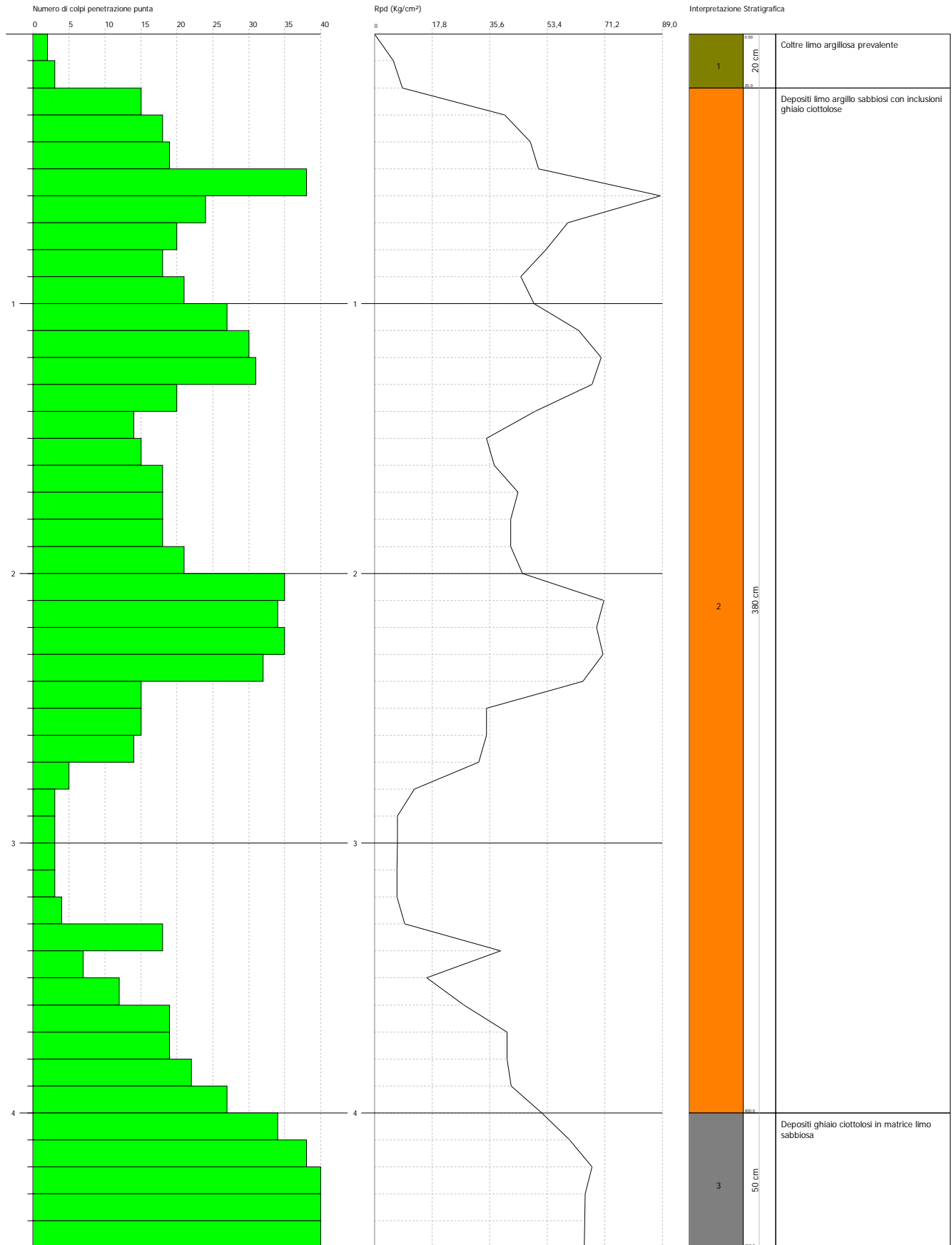
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 07/01/2015
 Profondità prova 4,50 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi
0,10	2
0,20	3
0,30	15
0,40	18
0,50	19
0,60	38
0,70	24
0,80	20
0,90	18
1,00	21
1,10	27
1,20	30
1,30	31
1,40	20
1,50	14
1,60	15
1,70	18
1,80	18
1,90	18
2,00	21
2,10	35
2,20	34
2,30	35
2,40	32
2,50	15
2,60	15
2,70	14
2,80	5
2,90	3
3,00	3
3,10	3
3,20	3
3,30	4
3,40	18
3,50	7
3,60	12
3,70	19
3,80	19
3,90	22
4,00	27
4,10	34
4,20	38
4,30	40
4,40	40
4,50	40









Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 5

CERTIFICATI PENETROMETRICI (CPT)



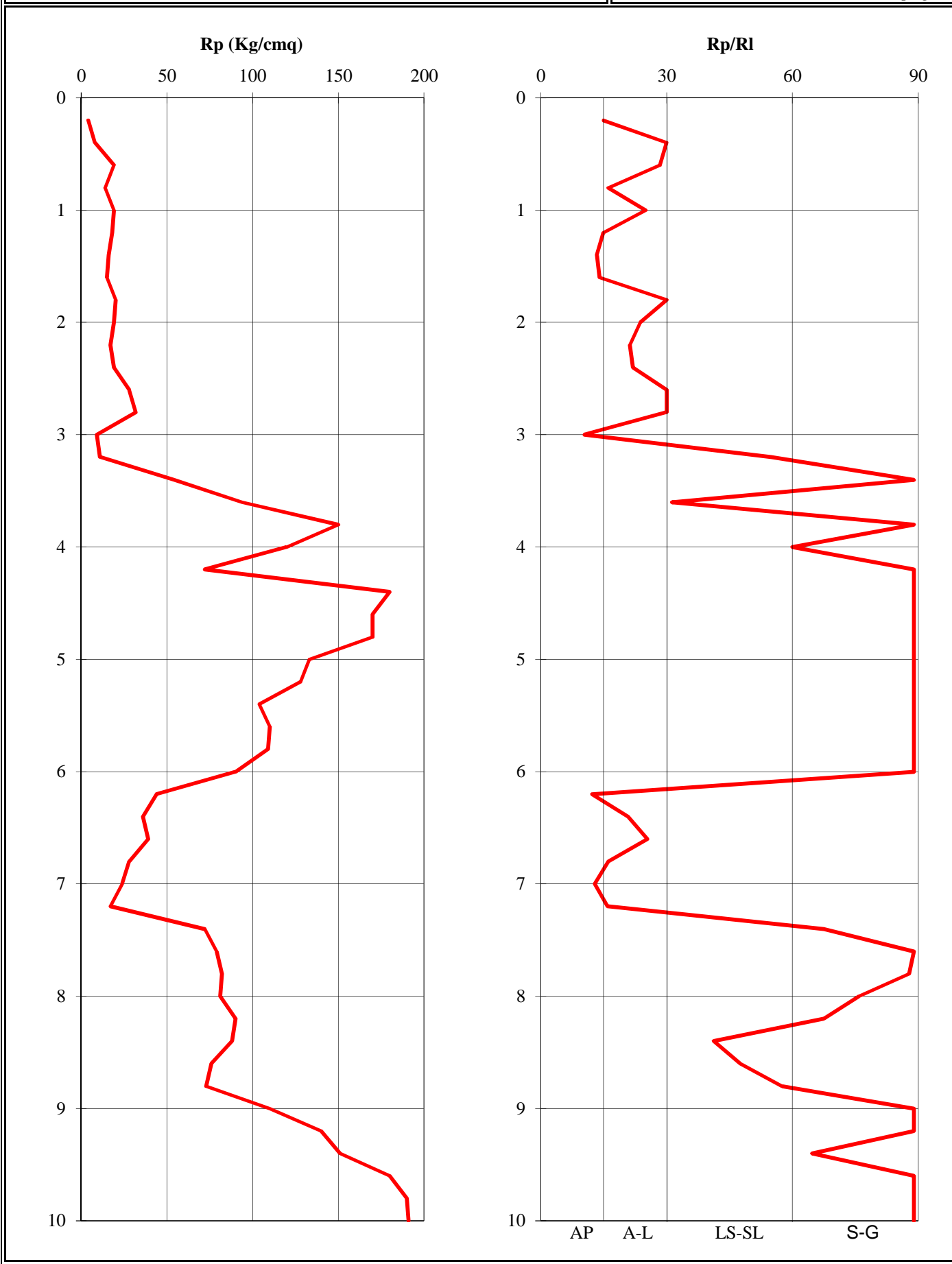
2 pagine

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla

Prova n°		01		Data:		07/01/2015		Dott. Geol. Nicola Cavanna	
Committente		Sig.ra Trespidi Antilla		Quota:		p.c.		via Degani, 9a	
Comune		Borgonovo V.T.		Acqua:		--		29121 - Piacenza (Pc)	
Cantiere		P.U.A.						pag. 1	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Rp Kg/cmq	Rl Kg/cmq	Rp/Rl	litologia (A.G.I. 1977)		
0,0									
0,2	4	8		4	0,27	15	argille e limi		
0,4	8	12		8	0,27	30	argille e limi		
0,6	19	29		19	0,67	29	argille e limi		
0,8	14	27		14	0,87	16	argille e limi		
1,0	19	30		19	0,76	25	argille e limi		
1,2	18	36		18	1,20	15	argille e limi		
1,4	16	34		16	1,20	13	argille plastiche		
1,6	15	31		15	1,07	14	argille plastiche		
1,8	20	30		20	0,67	30	argille e limi		
2,0	19	31		19	0,80	24	argille e limi		
2,2	17	29		17	0,80	21	argille e limi		
2,4	19	32		19	0,87	22	argille e limi		
2,6	28	42		28	0,93	30	argille e limi		
2,8	32	48		32	1,07	30	argille e limi		
3,0	9	22		9	0,87	10	argille plastiche		
3,2	11	14		11	0,20	55	sabbie lim. e limi sabb.		
3,4	54	62		54	0,53	101	sabbie e ghiaie		
3,6	94	139		94	3,00	31	sabbie lim. e limi sabb.		
3,8	150	160		150	0,67	225	sabbie e ghiaie		
4,0	120	150		120	2,00	60	sabbie lim. e limi sabb.		
4,2	72	82		72	0,67	108	sabbie e ghiaie		
4,4	180	200		180	1,33	135	sabbie e ghiaie		
4,6	170	180		170	0,67	255	sabbie e ghiaie		
4,8	170	180		170	0,67	255	sabbie e ghiaie		
5,0	133	142		133	0,60	222	sabbie e ghiaie		
5,2	128	144		128	1,07	120	sabbie e ghiaie		
5,4	104	117		104	0,87	120	sabbie e ghiaie		
5,6	110	116		110	0,40	275	sabbie e ghiaie		
5,8	109	120		109	0,73	149	sabbie e ghiaie		
6,0	90	98		90	0,53	169	sabbie e ghiaie		
6,2	44	98		44	3,60	12	argille plastiche		
6,4	36	62		36	1,73	21	argille e limi		
6,6	39	62		39	1,53	25	argille e limi		
6,8	28	54		28	1,73	16	argille e limi		
7,0	24	52		24	1,87	13	argille plastiche		
7,2	17	33		17	1,07	16	argille e limi		
7,4	72	88		72	1,07	68	sabbie e ghiaie		
7,6	79	92		79	0,87	91	sabbie e ghiaie		
7,8	82	96		82	0,93	88	sabbie e ghiaie		
8,0	81	97		81	1,07	76	sabbie e ghiaie		
8,2	90	110		90	1,33	68	sabbie e ghiaie		
8,4	88	120		88	2,13	41	sabbie lim. e limi sabb.		
8,6	76	100		76	1,60	48	sabbie lim. e limi sabb.		
8,8	73	92		73	1,27	58	sabbie lim. e limi sabb.		
9,0	110	125		110	1,00	110	sabbie e ghiaie		
9,2	140	162		140	1,47	95	sabbie e ghiaie		
9,4	151	186		151	2,33	65	sabbie e ghiaie		
9,6	180	192		180	0,80	225	sabbie e ghiaie		
9,8	190	210		190	1,33	143	sabbie e ghiaie		
10,0	191	211		191	1,33	143	sabbie e ghiaie		

Prova n°	01	Data:	07/01/2015	Dott. Geol. Nicola Cavanna via Degani, 9a 29121 - Piacenza (Pc)
Committente	Sig.ra Trespidi Antilla			
Comune	Borgonovo V.T.	Quota:	p.c.	
Cantiere	P.U.A.	Acqua:	--	



Provincia di Piacenza

Comune di Borgonovo Val Tidone

ALLEGATO 6

CERTIFICATI STRATIGRAFICI POZZI AD USO ACQUEDOTTISTICO



1 pagina

Committenza:

Sig.ra Trespidi Antilla

BGN 11

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Pratica N° 1380

SCHEDA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE

- Ditta LUIGI SOLENGHI Bm 302
 residente a BORGONOVO in via PROVINCIALE, 11
 - Perforazione pozzo ad uso AZIENDALE in Comune di BORGONOVO
 approfondim.
 Frazione _____ Località _____ No 12
105
50
supp. 18/6
 - Data di ultimazione dei lavori: 2-5-1970
 - Ditta perforatrice: IDRAULICA VILLA MONTICELLI BORGONOVA
VIA VIDA, 20

- Caratteristiche del pozzo:
 avanpozzo (si e no) SI
 Ø interno tubi mm. del tubo definitivo
 dal pozzo anteriore in ferro Ø mm. 200
 profondità mt. 1
 - Caratteristiche del gruppo
 motore pompa:
livello dinamico mt. 25 con prelievo di l. 2 al secondo
 livello statico mt. 10
 * tipo della pompa CENTRIFUGA
 potenza della pompa CV = 2
 * tipo del motore TRIFASE
 potenza del motore CV = 2
 - Portata: lt/sec. 2
 - Superficie irrigata:
 ha. _____ are _____ ca. _____
 - Fabbisogno (alimentare, indu-
 striale, zootecnico):
 lt/sec. _____

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO (PROBABILE PROGETTO - NON REALE)	
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSATE, specificando se il tubo è fenestrato in corrispondenza	
- da mt. <u>0</u> a mt. <u>20</u>	<u>PIANO CAMPAGNA - ARGILLA</u>
- da mt. <u>20</u> a mt. <u>25</u>	<u>ARGILLA CON TRACCE GHIAIA</u>
- da mt. <u>25</u> a mt. <u>30</u>	<u>GHIAIA CON TRACCE ARGILLA</u>
- da mt. <u>30</u> a mt. <u>35</u>	<u>GHIAIA</u>
- da mt. <u>35</u> a mt. <u>40</u>	<u>GHIAIA CON SABBIA</u>
- da mt. <u>40</u> a mt. <u>50</u>	<u>GHIAIA CON SABBIA</u>
- da mt. <u>50</u> a mt. <u>A OLTRE</u>	<u>ARGILLA</u>
- da mt. _____ a mt. _____	_____
- da mt. _____ a mt. _____	_____

FINISTRATURA NEL TUBO DEFINITIVO CON RELATIVO DRENAGGIO
 CON CHIARIERO VALIATO FINISTRATO DA M. 40 a m. 48

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

Data _____ Firma Solenghi Luigi