



# COMUNE DI OSTIGLIA

## (Provincia di Mantova)

### PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

ai sensi della Legge Regionale per il Governo del Territorio del 11/03/2005 n. 12

### COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

ai sensi della D.G.R. n. 1566 del 22/12/2005 e della D.G.R. n. 7374 del 28/05/2008

Adozione: \_\_\_\_\_ Approvazione: \_\_\_\_\_

### RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Dott. Geol. Francesco Gabrielli  
Dott. Geol. Leonardo Calzolari  
Dott. Geol. Alberto Baracca

Sindaco  
Umberto Mazza  
Segretario Generale  
Angela De Chirico

Ufficio Tecnico  
Arch. Alessandro Cabrini  
Geom. Rita Milani  
Geom. Daniele Rossi  
Geom. Roberto Boni  
Geom. Simona Longhi

Data:  
Gennaio 2010

## INDICE

1. PREMESSA.....	Pag. 2
2. FONTI BIBLIOGRAFICHE.....	Pag. 4
3. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	Pag. 7
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO.....	Pag. 9
4.1. Inquadramento geografico.....	Pag. 9
4.2. Inquadramento meteorologico.....	Pag. 12
5. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA.....	Pag. 15
5.1. Quadro geologico di riferimento.....	Pag. 15
5.1.1. Inquadramento strutturale e neotettonica.....	Pag. 15
5.1.2. Lineamenti geologici locali.....	Pag. 18
5.2. Litologia di superficie.....	Pag. 20
5.3. Indicazioni di carattere geotecnico.....	Pag. 21
5.4. Elementi di dinamica geomorfologica.....	Pag. 22
5.5. Aspetti geopedologici e di uso del suolo.....	Pag. 24
5.5.1. Caratteristiche pedologiche.....	Pag. 24
5.5.2. Attitudine allo spandimento di liquami zootecnici.....	Pag. 27
5.5.3. Attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami zootecnici.....	Pag. 28
5.6. Idrografia di superficie.....	Pag. 26
6. ANALISI DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA.....	Pag. 32
6.1. Inquadramento idrogeologico.....	Pag. 32
6.2. Struttura degli acquiferi.....	Pag. 34
6.3. Piezometria dell'acquifero superficiale.....	Pag. 37
6.4. Permeabilità dei depositi superficiali.....	Pag. 38
6.5. Vulnerabilità naturale del primo acquifero.....	Pag. 39
6.6. Idrochimica delle acque sotterranee.....	Pag. 41
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE.....	Pag. 42
7.1. Zonizzazione e accelerazione sismica.....	Pag. 42
7.2. Sismicità dell'area e magnitudo di riferimento.....	Pag. 44
8. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO.....	Pag. 48
8.1. Risposta sismica locale – Generalità.....	Pag. 48
8.2. Procedure di microzonazione sismica in Regione Lombardia – Redazione della Carta di Pericolosità locale.....	Pag. 49

---

8.3. Analisi della pericolosità sismica: applicazione al territorio comunale di Ostiglia.....	Pag. 53
8.3.1 Analisi di 1° livello (fase pianificatoria).....	Pag. 54
8.3.2. Analisi di 2° livello (fase pianificatoria).....	Pag. 57
8.3.3. Valutazione dei fattori di amplificazione litologica e geometrica.....	Pag. 60
8.3.4. Analisi di 3° livello (fase progettuale).....	Pag. 62
9. CARTA DEI VINCOLI (TAVOLA 6 – Scala 1:10.000).....	Pag. 63
9.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89.....	Pag. 63
9.2. Vincoli di polizia idraulica.....	Pag. 64
9.3. Vincoli ai sensi del D.Lgs. 22 Gennaio 2004, n. 42.....	Pag. 65
9.4. Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.....	Pag. 66
9.5. Vincoli naturalistici.....	Pag. 66
9.6. Elementi introdotti dal P.T.C.P.....	Pag. 67
9.7. Aree di valore paesaggistico e ambientale a spiccata connotazione geologica (Geositi).....	Pag. 68
10. CARTA DI SINTESI (TAVOLA 7 – Scala 1:10.000).....	Pag. 69
10.1. Premessa.....	Pag. 69
10.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico.....	Pag. 69
10.2.1. Aree ad elevata vulnerabilità dell’acquifero superficiale.....	Pag. 69
10.2.2. Aree a falda affiorante.....	Pag. 70
10.2.3. Aree a bassa soggiacenza della falda e/o con presenza di falde sospese.....	Pag. 70
10.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	Pag. 71
10.3.1. Aree con vulnerabilità idraulica ricadenti all’interno delle fasce fluviali.....	Pag. 71
10.3.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico – Polizia Idraulica.....	Pag. 71
10.4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.....	Pag. 71
10.4.1. Aree con depositi superficiali torbosi e paludosi.....	Pag. 71
10.4.2. Aree con depositi superficiali limo-argillosi con limitata capacità portante.....	Pag. 72
10.4.3. Aree con depositi argillosi compressibili di spessore compreso tra 4 e 5 m.....	Pag. 72
11. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO.....	Pag. 73
11.1. Premessa.....	Pag. 73
11.2. Attribuzione della classe di fattibilità.....	Pag. 73
11.3. Classi di fattibilità.....	Pag. 74

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del Piano di Governo del Territorio del Comune di Ostiglia, in Provincia di Mantova.

La metodologia adottata è quella proposta dalla direttiva “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12*” e successivi aggiornamenti, che si fonda su tre differenti fasi di lavoro:

1. la fase di analisi, a sua volta suddivisa in:

- fase di ricerca storica e bibliografica
- compilazione della cartografia di inquadramento
- fase di approfondimento/integrazione

2. la fase di sintesi/valutazione

3. la fase di proposta

La ricerca storica è stata finalizzata ad acquisire una conoscenza, il più approfondita possibile, del territorio in esame, basandosi sulla raccolta dei dati e della documentazione esistente, senza trascurare quella disponibile presso le strutture provinciali e regionali e il quadro conoscitivo delle caratteristiche fisiche del territorio e dei vincoli, contenuto nel Sistema Informativo Territoriale regionale.

Al fine di caratterizzare il territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico e idrogeologico sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici d’inquadramento:

- Tav. 1 – Carta litologica con elementi pedologici in scala 1:10.000;
- Tav. 2 – Carta geomorfologica in scala 1:10.000;
- Tav. 3 – Carta idrogeologica e di vulnerabilità degli acquiferi in scala 1:10.000;
- Tav. 3 – Sezioni litostratigrafiche ed idrostratigrafiche in scala L=1:25.000, H=1:1.000;
- Tav. 4 – Carta del reticolo idrografico in scala 1:10.000.

Quale base cartografica si sono utilizzati i seguenti elementi della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000:

- F7a5 – SERRAVALLE A PO NORD
- F7b5 – OSTIGLIA NORD EST
- F8a1 – OSTIGLIA OVEST
- F8b1 – OSTIGLIA EST

Tutte le tavole tematiche sono state estese all'intero territorio comunale senza uscire dal confine in quanto si è giudicato che nell'intorno non si possono verificare fenomeni che interferiscono con l'area in esame.

Molti dei dati raccolti sono riportati in allegato alla presente relazione nei seguenti elaborati:

- All. 1 – Schede pozzi a stratigrafia nota;
- All. 2 – Schede dati geognostici pregressi.

La fase di approfondimento e integrazione, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, costituisce il valore aggiunto operato dal professionista e comprende anche l'analisi della sismicità del territorio con redazione della:

- Tav. 5 - Carta della pericolosità sismica locale in scala 1:10.000.

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite i seguenti elaborati:

- Tav. 6 – Carta dei Vincoli in scala 1:10.000;
- Tav. 7 – Carta di Sintesi in scala 1:10.000.

La carta dei vincoli e di sintesi da un lato individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, mentre dall'altro propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

La fase di proposta ha previsto l'applicazione di modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica, geotecnica, vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi. Detta assegnazione è stata rappresentata cartograficamente in:

- Tav. 8 – Carta di fattibilità delle azioni di piano in scala 1:10.000

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle “*norme geologiche di attuazione*” (cfr. relativo elaborato) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

## **2. FONTI BIBLIOGRAFICHE**

Come indicato in premessa, la prima fase dello studio ha comportato una ricerca storica e bibliografica, basata sulla raccolta di documentazione cartacea e/o su supporto informatico, presso i vari Enti competenti sul territorio: Regione, Provincia, Comune, Autorità di Bacino del Fiume Po, Autorità di Bacino del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano, Consorzio di Bonifica Fossa di Pozzolo e A.R.P.A.

Di seguito sono citate tutte le fonti bibliografiche utilizzate.

### **Sistema Informativo Territoriale regionale**

Il Sistema Informativo Territoriale permette di acquisire, aggiornare, elaborare, rappresentare e diffondere dati ed informazioni spazialmente riferiti alla superficie terrestre.

Il repertorio Cartografico del Sistema informativo territoriale della Regione Lombardia comprende:

- cartografia e basi informative geografiche;
- cartografia e basi informative tematiche;
- fotografie aeree;
- immagini derivate dalle riprese da telerilevamento aereo o satellitare.

Come specificato nel seguito della relazione, per la redazione del presente studio, sono risultati di particolare interesse le seguenti aree tematiche:

- geologia degli acquiferi padani;
- carta dei suoli;
- basi informative ambientali della pianura, contenente un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (E.R.S.A.L.), che comprende i seguenti tematismi: uso del suolo, idrologia superficiale, litologia di superficie, con riferimento alle proprietà granulometriche e fisico-chimiche del substrato pedologico ed infine geomorfologia, relativa alla rappresentazione areale, lineare e puntiforme di elementi morfologici caratteristici del territorio.

### **Programma di Tutela e Uso delle Acque – P.T.U.A.**

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque – P.T.U.A., definitivamente approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 2244 del 29 marzo 2006, rappresenta lo strumento regionale per la pianificazione della tutela e dell'uso delle acque.

In rete sono disponibili anche le basi dati tematiche utilizzate per redigere il PTUA, organizzate in un database suddiviso nelle sei parti, qui sotto elencate:

- corpi idrici superficiali e aree idrografiche;
- monitoraggio idrometeorologico;
- classificazione qualitativa acque superficiali;
- monitoraggio e classificazione acque sotterranee;

- impatti;
- risultati modellazioni.

### **Studi e archivi provinciali**

Presso l'Amministrazione Provinciale di Mantova è stata raccolta la seguente documentazione:

- “Piano Cave della Provincia di Mantova” approvato con delibera di consiglio comunale n. 947 del 17/12/2003;
- “Catasto informatizzato delle attività estrattive” – Settore cave – aggiornato all'1 gennaio 2007
- “Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Mantova” approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 61 del 28/11/2002 e pubblicato sul BURL – serie inserzioni n. 5 del 29/01/2003;
- “Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.). Studi e indagini finalizzate al risanamento delle falde idriche inquinate utilizzate a fini potabili”. A cura di: Amministrazione Provinciale di Mantova, Assessorato Ambiente Ecologia (1990-1992);
- “Studio degli Acquiferi della Provincia di Mantova per l'individuazione delle risorse qualificate”. A cura di: Provincia di Mantova, Servizio Acque, Suolo e Protezione Civile – Ufficio Demanio Idrico (2008).

### **Autorità di Bacino del Fiume Po**

- “Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (P.A.I.)”, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001.

### **Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco**

- “Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco (P.A.I.)”, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1/2002.

### **Studi e archivi comunali**

Presso l'Amministrazione comunale di Ostiglia è stata accolta la seguente documentazione:

- “Studio geologico, idrogeologico e geotecnico su un'area di variante del P.R.G.C.” – Ostiglia, luglio 1998.
- “Relazione geologica generale a supporto della redazione del P.R.G.C., Fase di Analisi e Approfondimento, ai sensi della L.R. n. 41 del 24.11.1997 e delle direttive di attuazione emanate con d.g.r. n. 7/6645 del 29.01.2001 – Ostiglia, giugno 2002.
- “Relazione a supporto della redazione del P.R.G.C., Fase di Sintesi/Valutazione e di Proposta, ai sensi della L.R. n. 41 del 24.11.1997 e delle direttive di attuazione emanate con d.g.r. n. 7/6645 del 29.01.2001 – Ostiglia, maggio 2004.

- “Adeguamento dello studio geologico ai sensi della L.R. n. 41/97 alla componente sismica secondo la direttiva d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 e come previsto dalla L.R. 12/05 – Ostiglia, giugno 2007.
- “Studio geologico, geotecnico e sismico dell’area denominata Comparto Produttivo Canal Bianco” – Ostiglia, giugno 2007.

### Ricerca storica

Baraldi F. (1993) - *Indagine Idrogeologica sui laghetti di cava dell’Azienda Agrituristiche Il Glicine, in Comune di Ostiglia* – Indagine Privata.

Baraldi F. e Zavatti A. (1994) - *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 5 - Provincia di Mantova*. Quaderni di tecniche di protezione ambientale. Protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice Bologna.

Baraldi F. e Pellegrini M. - *Falde acquifere della Provincia di Mantova*. Quaderni dell’Istituto di Ricerca sulle Acque, 34 (15) – Roma, 1978

Cassano E., Anelli L., Fichera R. e Capelli V. (1986) - *Pianura Padana, interpretazione integrata di dati geofisici e geologici* - AGIP - 73° congresso Società Geologica Italiana - 29 settembre - 4 ottobre 1986, Roma.

Cerbini G. – Gorla M. (2004) - *Idrogeologia Applicata. Principi, metodi e misure*. Ed. Geo-Graph, 1° edizione.

Civita M. (1997) - *Le carte della Vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento: teoria e pratica*. Pitagora Editrice Bologna.

C.N.R. - I.R.S.A. (1979) – *Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana*. Quaderni I.R.S.A., 28 (II), Roma.

C.N.R. - I.R.S.A. (1981) – *Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana*. Quaderni I.R.S.A. 51 (II), Roma

ENEL (1981) – *Elementi di neotettonica del territorio italiano*. 3 vol., 1-94, Milano.

ENEL (1984) – *Rapporto per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Lombardia*.

E.R.S.A.L. (1991) - *Progetto Carta Pedologica. I Suoli della Pianura Ostigliese*. Serie SSR6, Milano.

Franconi V. (1977) - *Geologia Tecnica. Osservazioni sul comportamento delle falde acquifere alimentate dal Po presso Ostiglia (MN)*.



Provincia di Mantova – Assessorato Sanità e Ambiente (1979) - *Le risorse idriche del comprensorio 31*.

Regione Lombardia (2001) - *Acque sotterranee in Lombardia – Gestione sostenibile di una risorsa strategica*.

Regione Lombardia, Eni Divisione Agip (2002) - *Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia*, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin – Ed. S.EL.CA., Firenze.

### **Altri studi e ricerche riguardanti la componente sismica**

Oltre alla bibliografia sopra riportata, sono stati presi in esame nuovi documenti riguardanti la componente sismica del Piano di governo del Territorio; in particolare:

Gruppo di lavoro (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile*. INGV, Milano-Roma, aprile 2004.

Politecnico di Milano (2005) – *Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l’analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003*. Dipartimento di ingegneria Strutturale del politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

Politecnico di Milano (2005) – *Metodi di valutazione della risposta sismica locale, con particolare riferimento alla modellazione numerica: alcuni casi reali*. Pavia, 10 novembre 2005.

Politecnico di Milano (2005) – *Proposta di una metodologia per la valutazione degli effetti locali a supporto della pianificazione*. Pavia, 10 novembre 2005.

Politecnico di Milano (2006) – *Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei piani di governo del territorio*. Milano, febbraio 2006.

### **3. RIFERIMENTI NORMATIVI**

La prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l’assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993.

Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito sino ad ora gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni, secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997, n. 41, recentemente abrogata dalla L.R. 11 marzo 2005, n.12 *“Legge per il governo del territorio”*.

L’entrata in vigore della *“Legge per il governo del territorio”*, ha modificato profondamente l’approccio alla materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio – P.G.T.), ha imposto una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

A tal riguardo, la Direzione Generale Territorio e Urbanistica – Unità Organizzativa Tutela e Valorizzazione del Territorio della Regione Lombardia ha aggiornato i *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”*, con la d.g.r. n. 8/7374 del 28 maggio 2008, approvati con la d.g.r. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005.

In tale direttiva sono forniti gli indirizzi, le metodologie e le linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale, per l’individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica, per la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica e per l’assegnazione delle relative norme d’uso e prescrizioni; in particolare, vengono in questo atto introdotte nuove linee guida per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basate sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica.

In seguito, proprio le novità introdotte nel campo della microzonazione sismica dalle nuove *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* approvate con D.M. 14 gennaio 2008 hanno reso necessario l’*“Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566”* a sua volta approvato d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

Per i comuni, come Ostiglia, che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione, la direttiva fornisce indicazioni per l’aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche. Inoltre, essa ha lo scopo di rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI) e definire, per questi ultimi, le modalità e le possibilità di aggiornamento.

Per il Comune di Ostiglia, essendo già stati realizzati uno studio geologico ai sensi della l.r. 41/97, esteso all’intero territorio comunale e il successivo aggiornamento relativamente alla componente

sismica, all'analisi vincolistica, alla cartografia di sintesi e di fattibilità, ai sensi della d.g.r. n. 8/1566, non sarebbe necessario realizzare lo studio geologico.

Ciò nonostante, alla luce della valutazione di compatibilità della Provincia di Mantova sul Piano di Governo di Territorio con il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, si è ritenuto più corretto rivedere anche il quadro conoscitivo alla luce di nuovi dati disponibili e quindi redigere uno studio completo conforme della sopracitata direttiva.

## **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO**

### **4.1. Inquadramento geografico**

Il territorio comunale di Ostiglia si estende sulla riva sinistra del Fiume Po, nella porzione sud-orientale della provincia di Mantova, al confine con la Provincia di Verona.

Confina a sud con i comuni mantovani di Borgofranco sul Po e Revere, situati sulla sponda destra del Po; ad ovest con quello di Serravalle A Po, la cui linea di confine scorre in direzione nord-sud in modo irregolare; a nord con quelli veronesi di Gazzo Veronese, Casaleone e Cerea per un breve tratto; ad est con quello rodigino di Melara.

Il territorio che si estende per una superficie di circa 40 kmq, è compreso nelle seguenti sezioni della Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000):

- F7a5 SERRAVALLE A PO NORD
- F7b5 OSTIGLIA NORD EST
- F8a1 OSTIGLIA OVEST
- F8b1 OSTIGLIA EST

Oltre al capoluogo, ubicato nel settore centro-meridionale del Comune, i principali agglomerati sono: Correggioli e Comuna Bellis posti nel settore più orientale, Comuna Santuario nel settore centro orientale, e Calandre nella porzione centrale.

Il confine meridionale del territorio comunale è rappresentato dal Fiume Po.

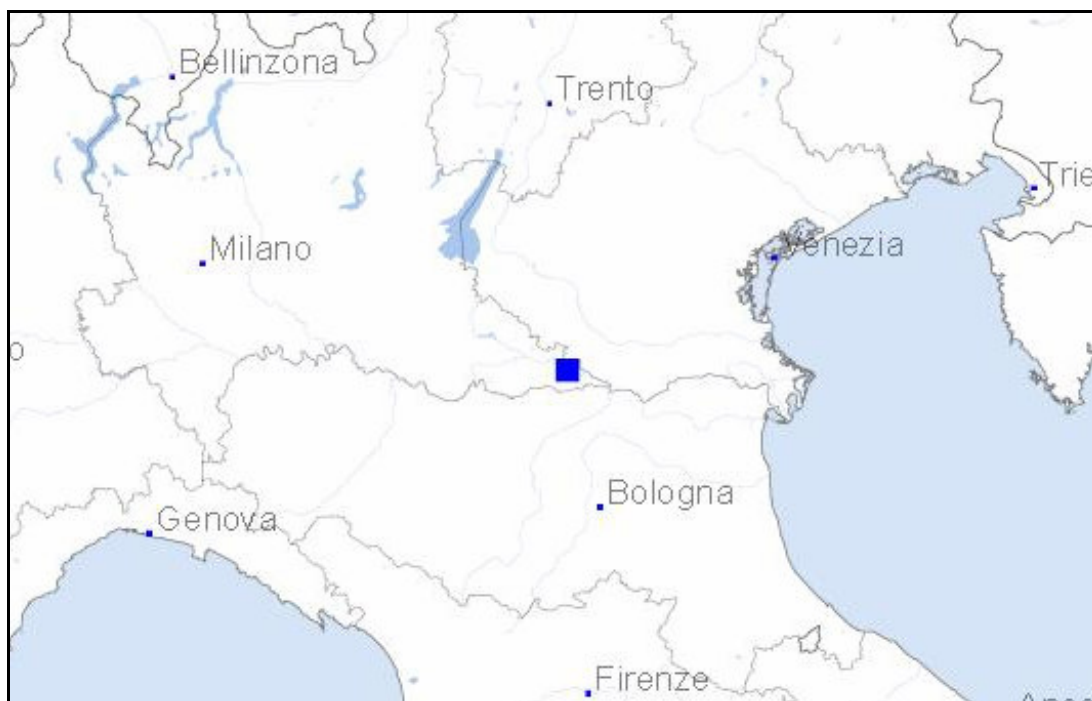
Si tratta di un territorio pianeggiante la cui parte meridionale si è originata dalla attività deposizionale del Fiume Po, mentre quella settentrionale, di origine fluvio-glaciale, è stata rimodellata, erosa, sovralluvionata dai fiumi veneti (Tartaro e Tione in modo particolare), così che spesso i sedimenti fluvio-glaciali non si rinvennero entro il suolo.

L'assetto planoaltimetrico del territorio in esame è caratterizzato da una formazione rilevata su cui si sviluppa l'insediamento di Ostiglia, che partendo dall'asta fluviale del Po prosegue in direzione nord; le quote massime di questo elemento si rinvennero sia in corrispondenza dell'insediamento urbano, sia a N del territorio comunale con valori che raggiungono massimi di 14÷15 metri sul livello del mare.

Il restante territorio è per lo più compreso tra le quote di 11 e 12 metri s.l.m.

Si osservano, tuttavia, zone decisamente depresse, specialmente nel confine nord-orientale del Comune, corrispondenti alle porzioni della antiche “grandi valli veronesi”. In queste zone si raggiungono quote minime di 9÷9,5 metri s.l.m., nelle quali, tra l’altro, le curve di livello tendono a chiudersi formando quindi delle “fosse” o “catini”.

Presso le aree golenali del Po si raggiungono quote superiori ai 20 metri s.l.m., che corrispondono alle arginature costruite in tempi successivi a difesa del territorio dalle esondazioni.



**FIGURA 1 – UBICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE DI OSTIGLIA**

Un elemento geografico importante che attraversa l’intero territorio comunale con direzione ovest-est è il Canalbianco, corso d’acqua artificiale, scavato per permettere, insieme ad altre vie d’acqua, la navigazione tra Milano e l’Adriatico.

Sempre in relazione all’idrografia, di seguito è riportato l’elenco dei corsi d’acqua pubblici vincolati della Provincia di Mantova, ricadenti all’interno del territorio comunale, individuati nella Delibera della G.R. 25.7.1986 n. 4/12028 che riprende le informazioni degli elenchi delle acque pubbliche (R.D.1775/33 e successive modificazioni e integrazioni) e identifica ogni corso d’acqua naturale e artificiale, individuati dall’art. 1 – lett. c) della L. 431/85, attraverso un numero progressivo e il nome:

- MN001 – Fiume Po;
- MN056 – Fissero Tartaro Canal Bianco;
- MN044 – Busatello Cavo.

Le principali infrastrutture ricadenti in Comune di Ostiglia sono la Strada Statale 12 “Abetone-Brennero” che attraversa il territorio comunale da N a S, la Strada Statale 482 e la Strada Provinciale 80 che attraversano il territorio da O a E e la linea ferrovia Bologna-Brennero.

Quanto alle zone naturalistiche protette, il territorio comunale di Ostiglia è contraddistinto dalla presenza di tre siti distinti:

- *Riserva naturale dell’Isola Boschina*: situata nell’alveo del Fiume Po è compresa interamente nel Comune di Ostiglia. La Riserva è stata istituita nel 1985 per tutelare alcuni lembi di bosco planiziale costituito da farnie, pioppi, aceri, olmi e per interrompere la progressiva distruzione causata dall’estendersi delle coltivazione pioppicola. La Riserva ha ricevuto il riconoscimento di Sito di Importanza Comunitaria, entrando a far parte della Rete Natura 2000 (codice S.I.C. IT 20B0007), al fine di salvaguardare le biodiversità presenti mediante la conservazione degli habitat naturali di interesse comunitario e delle specie animali e vegetali di interesse comunitario; è stata inserita, successivamente nell’elenco delle Zone di Protezione Speciale Z.P.S. (codice Z.P.S. IT20B0016);
- *Riserva naturale delle Paludi di Ostiglia*: è una parte della valle del Cavo Busatello che si estende in direzione nord/sud dalla località di Casin Bordino, punto di confluenza del fiume Tione nel Tartaro, al Canal Bianco a sud. La Palude di Ostiglia a sinistra del Busatello, corso d’acqua artificiale naturalizzato, ha un superficie di circa 35 ettari; l’approvvigionamento idrico avviene per mezzo di un’idrovolta posta sul territorio veronese. La valle, infatti, risulta pensile rispetto la campagna circostante. Questo dislivello è il risultato di tutti gli interventi antropici che nel corso del tempo sono stati necessari per trasformare le paludi della zona in terreni coltivabili. L’oasi naturalistica si presenta come una palude caratterizzata da ampie zone a canneto e cariceto, bordata da piccoli boschetti formati da salici e ontani. L’area si presenta anche una ricca fauna, caratterizzata da numerose specie interessanti.

La Riserva ha ricevuto il riconoscimento di Sito di Importanza Comunitaria (codice S.I.T. 20B0016) e di Zona di Protezione Speciale (codice Z.P.S. – codice IT20B0008).

Il Piano Paesaggistico Regionale, approvato con D.G.R. 16.01.2008, n. 8/6447, ha inserito, ai sensi dell’art. 2 dell’articolo normativo del piano, la riserva della Palude di Ostiglia nell’elenco dei geositi, con motivo di interesse scientifico di tipo naturalistico regionale;

- *Parco di Interesse Sovracomunale (P.L.I.S.)*, denominato “*Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia*”: è costituito da tre aree localizzate lungo l’asta fluviale del Po; la terza zona ricade in parte nel Comune di Ostiglia, si sviluppa in ambito golenale, all’interno della fascia fluviale A del P.A.I., dal confine comunale con Serravalle A Po fino al limite dell’abitato di Ostiglia. Si tratta di aree golenali e in parte dell’alveo fluviale del Po, con depositi alluvionali, zone umide e boschi idrofili ripariali. Sotto il profilo amministrativo, il sito è stato designato come Zona di Protezione

Speciale Z.P.S. (ZPS IT20B051) ai sensi della direttiva 79/409/CEE con D.G.R. n. 8/1791 del 25.01.2006.

## **4.2. Inquadramento meteoroclimatico**

### **Caratteristiche generali**

Il clima viene considerato come l'insieme delle condizioni meteorologiche che caratterizzano gli strati bassi dell'atmosfera di una regione, influenzandone le componenti fisiche, biologiche e antropiche. I suoi elementi generalmente più importanti, quali le temperature e le precipitazioni, con i loro valori assoluti e relativi, con la loro distribuzione areale e temporale, rivestono un ruolo fondamentale nella presenza della rete idrica, nella ricarica delle falde, nella pedogenesi e nell'uso del suolo. Il clima, inoltre, concorre alla formazione dei paesaggi naturali e antropizzati.

In relazione alla posizione geografica il Comune di Ostiglia presenta caratteristiche climatiche tipiche della pianura padana centrale.

In prima approssimazione il suo clima si può definire come continentale, con inverni rigidi ed estati calde, con elevata umidità soprattutto nelle zone con un'idrografia piuttosto densa, frequenti nebbie invernali, piogge piuttosto limitate, ventosità ridotta e frequenti episodi temporaleschi estivi.

Per quanto riguarda la climatologia dinamica, si fa riferimento alla circolazione atmosferica che si riscontra sull'Italia Settentrionale causando una diversa distribuzione delle alte e basse pressioni nei diversi periodi dell'anno.

Durante l'inverno la provenienza prevalente delle masse d'aria è da NE, a causa della persistenza di queste regioni di un anticiclone termico sulla Russia che provoca sulla pianura padana l'arrivo di aria fredda continentale. In primavera sono frequenti le circolazioni da SO provocate dal minimo depressionario che si instaura sul golfo di Genova con afflussi di aria umida sulla pianura padana e piogge piuttosto frequenti attenuate dalla presenza della catena appenninica.

Nella stagione estiva prevalgono condizioni di alta pressione derivanti dalla stabilità dell'anticiclone delle Azzorre, anche se non mancano infiltrazioni di aria fredda da N con conseguenti manifestazioni temporalesche.

In autunno si riforma il minimo barico sul Mediterraneo centrale causando la formazione di perturbazioni che provengono da SO con notevoli probabilità di precipitazioni.

### **Caratteristiche locali**

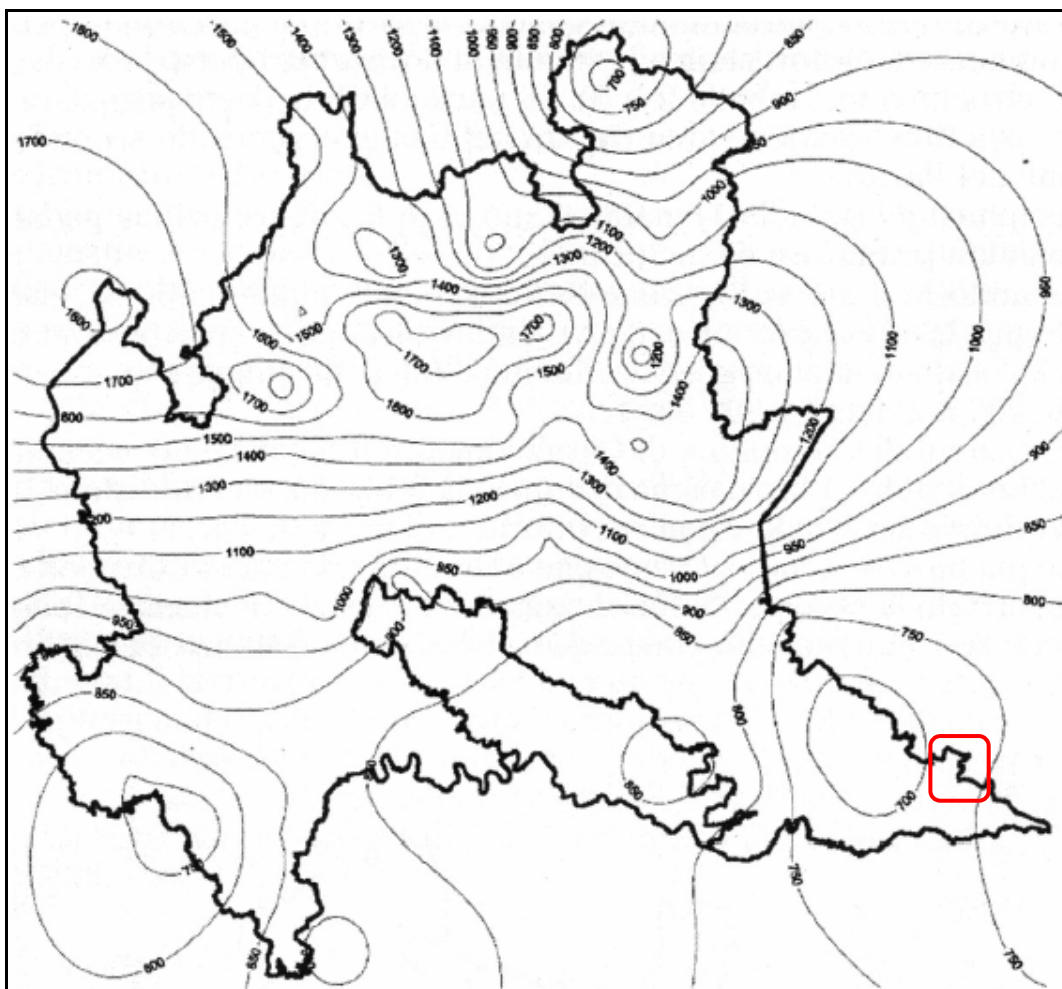
Ai fini della caratterizzazione del clima, si è ritenuto opportuno di prendere in considerazione i parametri relativi alla temperatura e alla piovosità.

Per evidenziare le principali caratteristiche climatiche si è fatto riferimento ai dati relativi alle stazioni di rilevamento di Revere per le precipitazioni e di Mantova per le temperature, consultati nella

pubblicazione E.R.S.A.L. all'interno del Progetto "Carta Pedologica", volume "*I suoli della pianura Ostigliese*"; i dati delle precipitazioni e della temperatura si riferiscono al periodo 1965-1995.

Dalla figura 1, in cui è riportata la distribuzione delle piogge cumulate sul territorio lombardo, si può notare che le precipitazioni presentano valori crescenti da O verso E e da N verso S, raggiungendo i valori minimi proprio in corrispondenza della porzione centro-orientale della provincia mantovana.

La precipitazione media annuale, stimata per il trentennio esaminato, è risultata di 642 mm, sensibilmente inferiore a quella relativa all'intero territorio italiano che è di circa 970 mm; poiché la frequenza delle precipitazioni oscilla intorno ai 71 giorni piovosi, si può calcolare per la densità media annua un valore di 9,0 mm per giorno piovoso.



**FIGURA 2** – PIOGGE CUMULATE ANNUALI SULLA LOMBARDIA; IN EVIDENZA IL COMUNE DI OSTIGLIA

Come si può osservare dalla tabella seguente (Tabella 1), le precipitazioni manifestano la tipica distribuzione padana, con i due massimi pluviometrici autunnale e primaverile e con precipitazioni modeste in inverno; in particolare, le precipitazioni hanno maggiori intensità nei mesi di Maggio e Novembre mentre i valori minimi si registrano nei mesi di Dicembre, Febbraio e Marzo.

Per quanto concerne il regime termico, la temperatura media annua dell'aria è pari a 13,3 °C, con il

minimo in Gennaio ( $1,3^{\circ}\text{C}$ ) ed il massimo nel mese di Luglio ( $24,7^{\circ}\text{C}$ ); la differenza tra la temperatura media estiva e quella invernale è superiore a  $5^{\circ}\text{C}$ .

Mese	Precipitazioni P (mm)	Temperature T ( $^{\circ}\text{C}$ )
Gennaio	51	1.3
Febbraio	43	3.8
Marzo	45	8.5
Aprile	56	13.1
Maggio	60	17.9
Giugno	54	22.3
Luglio	57	24.7
Agosto	57	23.6
Settembre	53	19.8
Ottobre	58	13.8
Novembre	65	7.7
Dicembre	43	2.7

**TABELLA 1** – PRECIPITAZIONI E TEMPERATURE 1965÷1995

Riassumendo il territorio comunale di Ostiglia rientra dal punto di vista climatico, all'interno di una regione uniforme di tipo “da sub-umido a sub-arido”, con piogge non abbondanti ma distribuite in tutti i mesi dell'anno, ma con modesta eccedenza idrica in autunno.

In questi ultimi anni si è notata una maggior frequenza di lunghi periodi senza piogge alternati a periodi di piogge persistenti che determinano una consistenza variabilità del regime pluviometrico. Ne consegue anche una grande variabilità della piovosità annua con massimi ( $P = 886.4\text{ mm}$  nell'anno umido del 1987) che possono quasi raddoppiare i valori medi di lungo periodo ( $P = 642\text{ mm}$  piovosità media nel periodo 1965-1995) e con valori minimi molto pronunciati ( $P = 392.4\text{ mm}$  nell'anno secco del 1983).

Tra i parametri climatici più rilevanti ai fini della valutazione della potenzialità di ricarica idrica superficiale vanno considerate innanzitutto la temperatura media annua e la piovosità.

Il primo parametro, in particolare, permette di determinare la quantità di acque meteoriche che viene diffusa per evapotraspirazione, intesa come il volume d'acqua consumato nell'unità di tempo dalla attività vegetale di traspirazione e della evapotraspirazione del suolo, e, che quindi, non concorre all'alimentazione diretta dei livelli acquiferi.

Ricordando i valori precedentemente attribuiti alla temperatura media annua pari a  $13,3^{\circ}\text{C}$  e alla piovosità media annua pari a  $642\text{ mm}$ , è possibile calcolare mediante l'applicazione della formula di TURC (1954), l'evapotraspirazione potenziale media annua (E.T.P.), espressa in mm, è pari a  $516\text{ mm}$ .



Pertanto, la parte di pioggia efficace all'alimentazione delle falde e dei corsi d'acqua, stimata nell'arco di un anno, risulta pari a 126 mm.

In riferimento ai singoli mesi, gli effetti della evapotraspirazione potenziale sono elevati da maggio a settembre, con massimo a luglio; combinando tali osservazioni con la distribuzione mensile delle precipitazioni si ottiene una situazione caratterizzata da deficit del bilancio idrologico massimo nel periodo da giugno ad agosto.

## **5. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA**

### **5.1. Quadro geologico di riferimento**

#### **5.1.1. Inquadramento strutturale e neotettonica**

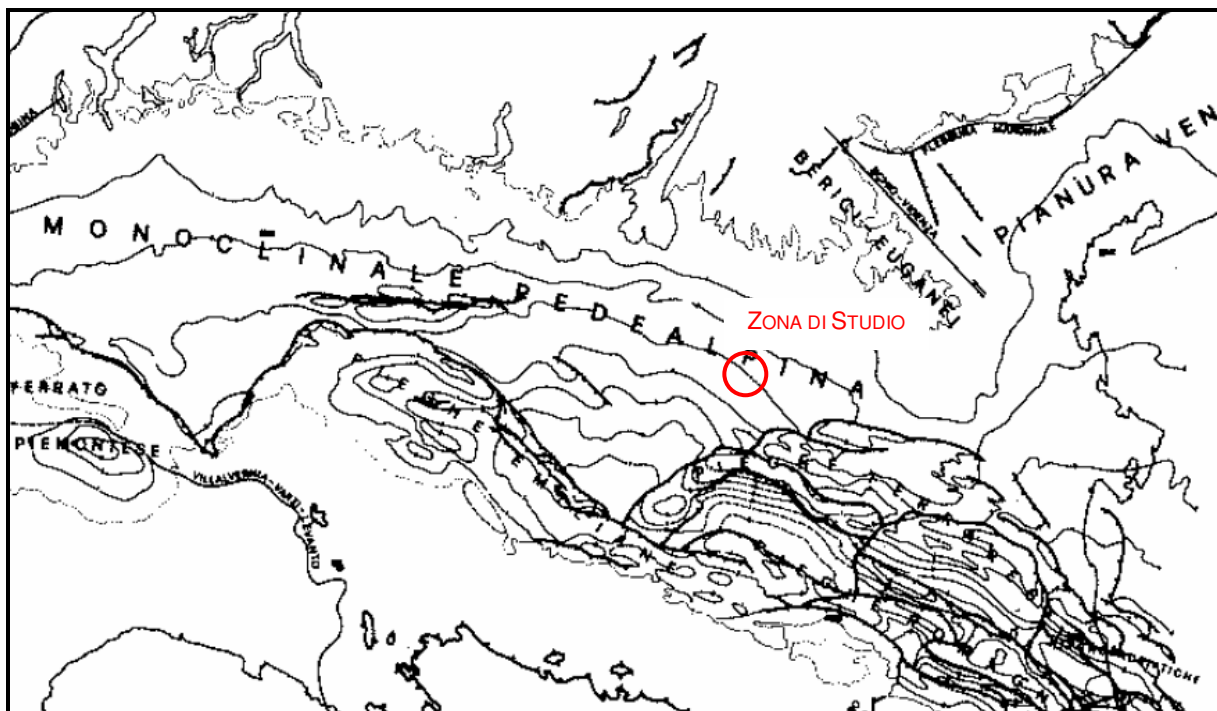
Il territorio del Comune di Ostiglia appartiene al settore centro-orientale della Pianura Padana, un grande bacino subsidente pliocenico-quadernario, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo, la cui evoluzione geologica dell'area risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendo l'avanfossa di entrambi i sistemi.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente la monoclinale pedealpina si presenta come un settore prevalentemente omoclinale limitato a Nord dal fronte di sovrascorrimento sudalpino il cui lembo esterno corrisponde alla fascia di basculamento dei Monti Lessini, nel Veronese, ed a Sud dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto (ETF), che nel settore studiato corrisponde alla zona di virgazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane (cfr. FIG. 2).

In particolare nel Mantovano è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento dell'ETF e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche.

Le Pieghe Ferraresi, intese come una complessa struttura geologica sepolta composta da una serie di pieghe associate a faglie che nell'insieme danno luogo ad una struttura positiva fortemente sollevata rispetto al substrato, rappresentano la prosecuzione delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. A testimonianza di ciò, a sud del territorio comunale di Ostiglia, ad una distanza di circa 20÷30 km, nell'ambito territoriale della bassa provincia modenese (comuni di Mirandola e Concordia sulla Secchia), le strutture delle Pieghe Ferraresi mostrano le culminazioni raggiungendo profondità prossime a 100 metri dalla superficie del suolo.



**FIGURA 3** – CARTA STRUTTURALE SEMPLIFICATA DELLA BASE DELLA SUCCESSIONE PLIOCENICA-QUATERNARIA NELLA PIANURA PADANA E VENETA (DA M. PIERI & G. GROPPi, 1981)

A causa del suo comportamento prevalentemente rigido, la monoclinale padana non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria, sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino; nel contempo si registra un sensibile spostamento verso NE del fronte Appenninico settentrionale.

Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini.

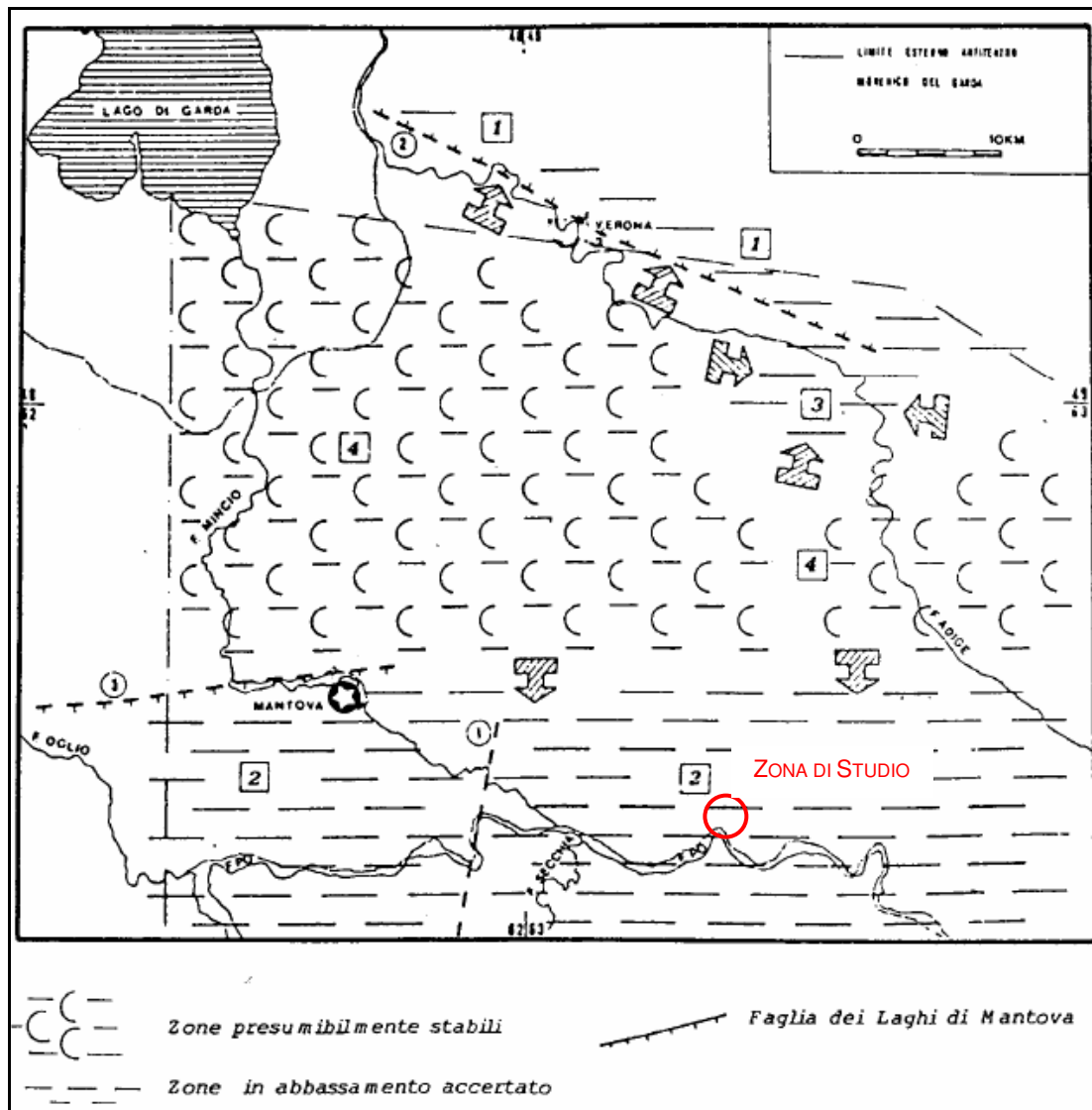
Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente in modo consistente di tali movimenti; il margine settentrionale risente, invece in modo più blando, di quanto succede nel bacino.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo.

Dati ottenuti dalle ricerche condotte da AGIP, rielaborati, successivamente, da Pieri e Groppi (1981), hanno evidenziato come dal Pliocene ad oggi la depressione Padana sia stata progressivamente colmata, denotando una accentuata subsidenza.

In particolare nella zona di virgazione sopra citata si registra il maggiore spessore dei depositi plio-quadernari dell'avanfossa.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica di questo settore della pianura a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (*Baraldi et alii, 1980*).



**FIGURA 4** – CARTA DELLA NEOTETTONICA (18.000-ATTUALE) – (DA BARALDI F., 1980)

Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali. In particolare, il territorio che comprende il Comune di Ostiglia nell'ultimo intervallo (18.000 anni – attuale), mostra fenomeni di subsidenza chiaramente accertati. Allo stato attuale si può affermare che il territorio in esame è interessato da una debole subsidenza che per il suo carattere regionale, non influenza i manufatti già realizzato o da realizzarsi.

### 5.1.2. Lineamenti geologici locali

L'assetto geologico dell'area comunale è il complesso risultato di eventi morfogenetici e deposizionali. Nel corso del Quaternario continentale il succedersi di situazioni di equilibrio climatico (cicli glaciali) ha dato origine alle corrispondenti serie di aggradazione/degradazione del livello marino, con una conseguente mutazione e evoluzione degli associati sistemi deposizionali.

Il territorio in esame si è formato in seguito allo scioglimento dei ghiacciai del Quaternario (Garda e Val d'Adige), le cui acque che alimentavano torrenti "scaricatori" epi e sub-glaciali, trasportavano a valle i depositi fluviali e fluvio-glaciali, originando, in questo modo, le vaste piane pro-glaciali.

Anche se con qualche soluzione di continuità dovuta a processi successivi alla sua deposizione, la piana pro-glaciale si estende dal limite esterno dell'anfiteatro morenico del Garda sino a Gazzo Veronese, Cerea, Legnago, raggiungendo i territori più settentrionali di Ostiglia.

L'assetto morfologico complessivo dei corsi d'acqua che hanno originato la piana pro-glaciale è riconducibile a quello di alvei a canali intrecciati tipici di corsi d'acqua soggetti a continue divagazioni, caratterizzati da paleoalvei ad andamento N-S e/o NNO-SSE, piuttosto incassati e limitati da sponde sabbiose con scarpate relativamente continue, in cui si sono impostati i fiumi di risorgiva quali Tione, Tartaro e Menago.

Secondo le più recenti interpretazioni (*Panizza, 1987*), i depositi fluvioglaciali ascrivibili all'area studiata sono riferibili al post-glaciale (sub-boreale).

Nell'area studiata, i sedimenti fluvioglaciali sono stati ricoperti in epoca successiva, nella zona settentrionale del territorio comunale dalle alluvioni sub-boreali del Tione, Tartaro e dell'Adige, mentre nella parte meridionale è stato il Fiume Po, in tempi più recenti, a depositare alluvioni sopra il substrato fluviale e fluvioglaciale che non è più rinvenibile entro il profilo pedologico.

Tralasciando un'attribuzione cronologica di tali depositi, nel presente studio, si è operata una distinzione in unità che avessero interesse sotto l'aspetto geologico-applicativo.

Pertanto, nel territorio comunale di Ostiglia sono riconoscibili due unità di alto rango, quella dei depositi che costituiscono la Media Pianura Idomorfa e quella dei depositi riferibili alla Piana alluvionale, a loro volta suddivise in facies differenti, distinte sulla base delle caratteristiche morfologiche e litostratimetriche dei primi 10 metri di sottosuolo.

Allo scopo sono stati raccolti ed esaminati criticamente una considerevole quantità di dati geognostici derivanti da sondaggi, pozzi, prove penetrometriche.

Le singole stratigrafie sono riportate nei seguenti allegati:

- ALLEGATO 1 - Schede pozzi a stratigrafia nota;
- ALLEGATO 2 - Schede dati geognostici.

Dall'analisi dei dati in possesso, è stato possibile riconoscere le seguenti unità:

Depositi della Media Pianura Idromorfa:

- depositi fluviali costituiti da argille e argille sabbiose, di spessore variabile da 1 a 2 metri, sovrapposti a depositi prevalentemente sabbioso-limosi e sabbioso-argilloso-limosi, riscontrati fino alla profondità di 7÷8 metri di profondità, che caratterizzano le zone vallive poste a nord del Canal Bianco;
- depositi fluviali costituiti da limo e limo argilloso, di spessore medio pari a 3 metri che ricoprono depositi prevalentemente sabbioso-limosi e sabbioso-argilloso-limosi, riscontrati sino alla profondità di 8÷9 metri dal piano campagna. Si tratta di alluvioni tipiche delle superfici morfologicamente piate, interposte alle principali linee di flusso; sono diffuse nel settore posto a nord del Canal Bianco, dalla località di Ponte Molino fino ai siti di Corte Agnella e Corte Gazzina.

Depositi di Piana Alluvionale:

- depositi alluvionali costituiti da sabbie limose e sabbie limoso-argillose, di spessore variabile da 3 a 7 metri, sovrapposti a depositi limo-argillosi, riscontrati sino alla profondità di 10 metri. Tale successione che caratterizza le aree di alto morfologico tipici di dosso fluviale, si rinviene in corrispondenza degli abitati di Ostiglia e Correggioli e in prossimità della località di Bugno San Romano;
- depositi alluvionali costituiti da limi argilloso-sabbiosi, di spessore variabile da 5 a 6 metri, sovrapposti a terreni caratterizzati da fitte alternanza di limo-argillosi, sabbie argilloso-limose e sabbie limose, fino alla profondità di 10 metri circa. Si tratta di depositi che caratterizzano le aree morfologicamente piate o lievemente ondulate, diffuse a nord dell'abitato di Ostiglia fino al Canal Bianco;
- depositi alluvionali costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi, di spessore variabile da 4 a 6 metri che ricoprono depositi prevalentemente limo-sabbioso-argillosi che si trovano nelle aree golenali.

Per meglio rappresentare graficamente le caratteristiche litostratigrafiche del territorio in esame sono state ricostruite anche 2 sezioni geologiche interpretative (TAVOLA 3): la sezione A-A' tracciata lungo una spezzata con andamento SE-NO, nel tratto più meridionale, e circa S-N, più a N, all'incirca allineata con la direzione di allungamento del Comune e la sezione B-B' ricostruita lungo una linea spezzata che attraversa l'intero territorio comunale con andamento terminando in corrispondenza dell'abitato di Correggioli.

Per la redazione di tale elaborato si è fatto riferimento alle informazioni derivanti da precedenti perforazioni per la realizzazione di pozzi.

Le sezioni ricostruite, che arrivano a rappresentare il sottosuolo oggetto di studio fino a 130 metri di profondità evidenziano come il sottosuolo di quest'area sia caratterizzato da alternanze di depositi sabbiosi con depositi prevalentemente limosi e argillosi, talora torbosi. Si osserva che gli spessori

maggiori si riscontrano per i depositi più grossolani ed in particolare nei primi 50÷60 metri di profondità e tali spessori, tuttavia, diminuiscono verso le aree baricentriche rispetto al Fiume Po; le intercalazioni più fini presentano anch'esse spessori importanti e risultano a cadenze piuttosto regolari. Relativamente a quanto sopra riportato, è necessario precisare che i depositi in esame, a causa dei processi deposizionali che li hanno messi in posto (alluvionali, fluviali e fluvio-glaciali), sono caratterizzati da una certa variabilità di facies (granulometria e strutture sedimentarie) sia laterale che verticale; di conseguenza, le considerazioni sopra riportate sono da ritenersi puramente indicative.

## 5.2. Litologia di superficie

La stesura della CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI – TAVOLA 1 è partita dai dati disponibili sul S.I.T. della Regione Lombardia ove sono riportate le risultanze di un progetto realizzato dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia (E.R.S.A.L.).

In tale progetto, il rilevamento dei dati pedologici è stato realizzato attraverso l'effettuazione di sondaggi e relative analisi e descrizioni dei profili sino alla profondità di 2 metri. I dati dei singoli profili sono stati rielaborati per definire le unità cartografiche della litologia di superficie.

Le informazioni così ottenute sono state successivamente verificate e/o integrate mediante dati provenienti da indagini geognostiche pregresse realizzate dagli scriventi.

Nella CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI, per gli scopi del presente studio, si è ritenuto di operare delle semplificazioni, senza peraltro trascurare alcuna sottoclasse, accorpendo diverse classi litologiche tenute distinte sul S.I.T. della Regione Lombardia.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, nel territorio comunale di Ostiglia sono stati rilevati i seguenti litotipi:

- **depositi prevalentemente sabbiosi:** questo litotipo si rinviene prevalentemente nella zona golenale, in una parte del settore a N dell'argine maestro compreso tra l'abitato di Ostiglia e l'agglomerato di Correggioli e, infine, in alcune plaghe di ridotte dimensioni, localizzate nel settore centrale del territorio comunale in prossimità della località di Arginino Grande;
- **depositi prevalentemente limosi:** questo litotipo si rinviene in vari settori del comune sia a nord che a sud del Canal Bianco. Nel settore sud interessano un'ampia area attorno all'abitato di Ostiglia, sia a est dove in fasce allungate raggiungono il confine comunale sia a nord dove dalla zona di Arginino Grande si estende verso Pedemonta. A nord del Canal Bianco, si ritrovano perlopiù nell'area compresa tra le località di Ponte Molino, Corte Gazzina, Cascina Mazzagatta e Calandre;
- **depositi prevalentemente argillosi:** i depositi argillosi che nel settore a nord del Canal Bianco presentano un arricchimento della frazione sabbiosa fine, risultano prevalenti in un ampio areale del territorio ostigliese, direttamente a nord e a sud del Canal Bianco, per l'intera estensione del Comune. Depositati più marcatamente argillosi si rinvencono in alcune aree poste a O e NO della

località di Arginino Grande e all'interno di un settore compreso tra Corte Reggiane, a est dell'abitato di Ostiglia, e la località di Comuna Santuario;

- **depositi argillosi con torba:** questi depositi si rinvencono in prossimità del confine occidentale del comune a nord del Canal Bianco in corrispondenza della zona delle Paludi di Ostiglia e in un'area circoscritta, posta in prossimità della località di Ponte Molino.

### 5.3. Indicazioni di carattere geotecnico

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici va considerato che gli studi specifici eseguiti all'interno del Comune di Ostiglia sono perlopiù concentrati nel settore centrale della zona a sud del Canal Bianco. Allo scopo, infatti, sono stati raccolti ed esaminati criticamente una considerevole mole di dati geognostici derivanti da sondaggi e prove penetrometriche, eseguiti dagli scriventi nel territorio ostigliese, le cui risultanze sono state riportate in ALLEGATO 2.

Volendo fornire delle indicazioni sulle principali caratteristiche geotecniche, si può evidenziare il miglior comportamento, quale terreno di fondazione, dei materiali granulari/incoerenti (sabbie) rispetto alle terre a grana fine (limi e argille).

Quest'ultime, infatti, oltre a presentare, mediamente, minori valori di capacità portante sono soggette, a parità di carichi applicati, a cedimenti di maggior consistenza che possono svilupparsi nel tempo per consolidazione. Tali caratteristiche risultano decisamente peggiori in presenza di depositi contraddistinti da significativa presenza di torbe.

All'interno del territorio ostigliese, i livelli sabbiosi sono costituiti prevalentemente da sabbie fini con presenza costante di limo ed il loro comportamento si può ritenere essenzialmente granulare/incoerente, a coesione nulla. Il grado di addensamento varia da sciolto a molto addensato, mentre l'angolo di attrito interno di questi terreni è compreso tra 25° e 32° in funzione della percentuale di materiale fine presente e della dimensione granulometrica dello scheletro sabbioso.

I depositi prevalentemente limosi possono presentare al loro interno sia frazioni sabbiose fini che argillose, mostrando in questo modo un comportamento maggiormente granulare/incoerente o coesivo in funzione proprio della presenza relativa di queste componenti.

I livelli limosi si presentano discretamente compatti nell'intero territorio, mentre l'angolo di attrito interno di questi depositi è mediamente compreso compreso tra 20° e 28°, in funzione della percentuale di sabbia presente, mentre la coesione assume valori compresi tra 0 e 30 kPa in funzione del contenuto di argilla

I livelli argillosi a comportamento di tipo coesivo, possono presentare percentuali variabili di frazioni limose; tali depositi presentano una consistenza variabile, generalmente compresa tra soffice e consistente.

Il valore della coesione non drenata è mediamente compresa tra 30 e 80 kPa, essenzialmente in funzione del grado di consolidazione dei depositi.

Ai livelli di argilla con torba, si può attribuire un valore di coesione non drenata compreso tra 15 e 30 kPa, funzione del contenuto di frazione organica presente all'interno del deposito.

Per le considerazioni sopra esposte, nel presente studio, nel definire gli ambiti di pericolosità che debbono costituire la legenda della CARTA DI SINTESI (cfr. CAPITOLO 10), in accordo con quanto prescritto dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28.05.2008, quali aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, sono state indicate:

- le aree con depositi superficiali torbosi e paludosi (vedi “argille organiche e/o torbose” nella CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI di TAVOLA 1), in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso;
- le aree con depositi superficiali argillosi e argilloso-limosi (vedi “unità ad argille dominanti” nella CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI di TAVOLA 1) e con depositi limoso-sabbiosi (“unità a sabbie limose prevalenti” CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI di TAVOLA 1), in cui sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso;
- le aree con depositi superficiali argillosi (vedi “unità ad argille dominanti” nella CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI PEDOLOGICI di TAVOLA 1) compressibili e spessori compresi tra 4 e 5 metri, caratteristiche che conferiscono al sottosuolo consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

#### **5.4. Elementi di dinamica geomorfologica**

Il Comune di Ostiglia ricade all'interno della bassa pianura mantovana, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Tali forme sono essenzialmente legate a processi di origine alluvionale e fluvio-glaciale

Come già segnalato in precedenza, detto settore di pianura si è formato dall'evoluzione della piana proglaciale, in cui i sedimenti di origine fluvio-glaciale che la costituiscono sono stati ricoperti, nella parte settentrionale del territorio comunale, dalle alluvioni sub-boreali del Mincio, del Tartaro, dell'Adige e di altri corsi d'acqua minori; differentemente, nel settore meridionale, è stato il Po, in tempi più recenti, a depositare alluvioni sopra il sub-strato fluvio-glaciale che non è più rinvenibile entro il profilo pedologico.

Ciò premesso, lo studio geomorfologico ha consentito di riportare analiticamente le forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio comunale, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, valutandone lo stato di attività.



Detto studio è stato svolto sulla base dei dati esistenti, desunti principalmente dal S.I.T. della Regione Lombardia e dalle informazioni raccolte nel corso dei rilevamenti eseguiti dall'E.R.S.A.L. per la realizzazione della "Carta pedologica", oltre che dalla documentazione biblio-cartografica riguardante i più recenti studi geologici per la pianificazione territoriale, integrati, ove si è reso necessario, da rilevamenti diretti di campagna.

Le caratteristiche geomorfologiche individuate per il territorio in esame sono state riportate in TAVOLA 2 - CARTA GEOMORFOLOGICA (Scala 1:10.000).

Dall'esame dell'elaborato grafico, si evidenzia che le quote su cui si sviluppa il territorio comunale variano da un minimo di 9 m s.l.m. nella zona del confine nord-orientale, ad un massimo di 16 m s.l.m. in corrispondenza dell'insediamento urbano e nel settore nord dell'area.

Queste due ultime aree si trovano infatti su una piccola dorsale che attraversa l'area comunale con direzione N-S partendo dal fiume Po fino al confine settentrionale, separando le zone di basso moderate del settore occidentale da quelle delle depressioni orientali che scendono progressivamente verso le valli "Grandi Veronesi".

Altre zone di alto, seppur meno continue e molto più articolate, si trovano rispettivamente in corrispondenza di Bagno San Romano, dove si sviluppa un dosso con direzione perpendicolare all'argine proseguendo verso NE e si biforca secondo due diramazioni principali in prossimità di Arginino Grande e in corrispondenza di Borgo San Giovanni e Correggioli.

In quest'ultima zona, i dossi sono interrotti da zone dove antiche rotte degli argini causarono la formazione di ventagli di esondazione.

Piccoli dossi isolati, riconducibili a differenti meccanismi genetici, si trovano nelle zone più lontane dal Po, in particolare nel settore zona nord-orientale, caratterizzato dall'attività fluviale di Mincio, Tartaro Tione e Adige. I lembi di dossi rinvenibili in prossimità della località di Ponte Molino, sembrano, infatti, riconducibili a lembi di antichi dossi legati ad antiche fasi erosive dei corsi d'acqua del settore settentrionale del comune. I terreni presenti in queste aree sono generalmente costituiti da materiali più grossolani di quelle che si rinvencono nelle zone di basso.

Diverse tracce di questa dinamica erosiva si rinvencono nel settore a nord del Canal Bianco, dove alcuni paleoalvei risultano leggermente incassati, presentando superficialmente suoli argillosi e ricchi in sostanza organica.

Zone di basso si riscontrano in prossimità dell'agglomerato urbano di Correggioli e nella fascia a ovest di Ponte Molino. Ad est della S.S. 12, le zone di basso vanno a degradare verso le valli "Grandi Veronesi", evidenziando singole frammentarie zone depresse, chiuse e di modeste dimensioni che rappresentano piccoli avvallamenti discontinui.

Tracce di antiche esondazioni sono rintracciabili dall'osservazione della struttura morfologica in direzione SO-NE, dove si riscontrano una serie di digitazioni allungate ed orientate nella direzione di flusso delle acque come nell'area di Comuna Santuario.

In merito alla presenza ed individuazione delle tracce di antichi percorsi (paleoalvei) seguiti dal Po nelle ultime fasi di formazione di questo settore di pianura, si segnala che dette strutture risultano colmate da sedimenti di varia natura, perlopiù rappresentati da spesse ed estese bancate di argille e limi, alternati con livelli sabbiosi.

L'effettiva delimitazione dei paleoalvei risulta abbastanza controversa poiché per via degli agenti atmosferici sia della attività antropiche condotte nel corso degli anni si è avuto un parziale mascheramento in superficie di tali elementi.

Inoltre considerato che nel caso di tratti di fiume dove prevale un andamento meandriforme ben sviluppato, come accade per il Po in territorio ostigliese, le variazioni di litologia tra il paleoalveo ed il territorio circostante risultano non facilmente definibili, in quanto la bassa energia di trasporto fa sì che la sedimentazione all'interno dell'antico alveo abbandonato sia in ogni caso caratterizzata da sedimenti fini.

Nella rappresentazione geomorfologica i paleoalvei principali sono riscontrabili nell'area compresa tra il nucleo urbano e i centri di Correggioli e Borgo San Giovanni, dove si evidenzia la traccia di un'antica ansa fluviale con concavità verso sud; altri elementi si riscontrano a est di Casteltrivellino e soprattutto nel settore centrale del territorio comunale.

L'osservazione comparata tra la litologia di superficie e l'andamento dei paleoalvei conferma quanto detto precedentemente riguardo i rapporti tra questi due fattori.

Infatti le tracce dei paleoalvei coincidono a seconda delle aree con litologie differenti, da sabbie ad argille con una generale tendenza ai depositi prevalentemente sabbiosi nelle zone prossimali al Po e a quelli prevalentemente limoso-argillosi nelle zone distali.

La presenza di questi elementi si conferma quindi non essere in assoluto un'indicazione di precise variazioni litologiche rispetto alle aree circostanti, ma comunque è fondamentale per comprendere l'evoluzione sedimentologica dell'area.

Un cenno meritano, infine, gli ultimi lembi di palude ancora esistenti a nord di Ostiglia, al confine con i territori del basso veronese; essi si trovano in corrispondenza del Busatello e di Ponte Molino, aree in cui gli antichi fiumi rallentavano notevolmente la loro velocità, impaludandosi.

## **5.5. Aspetti geopedologici e di uso del suolo**

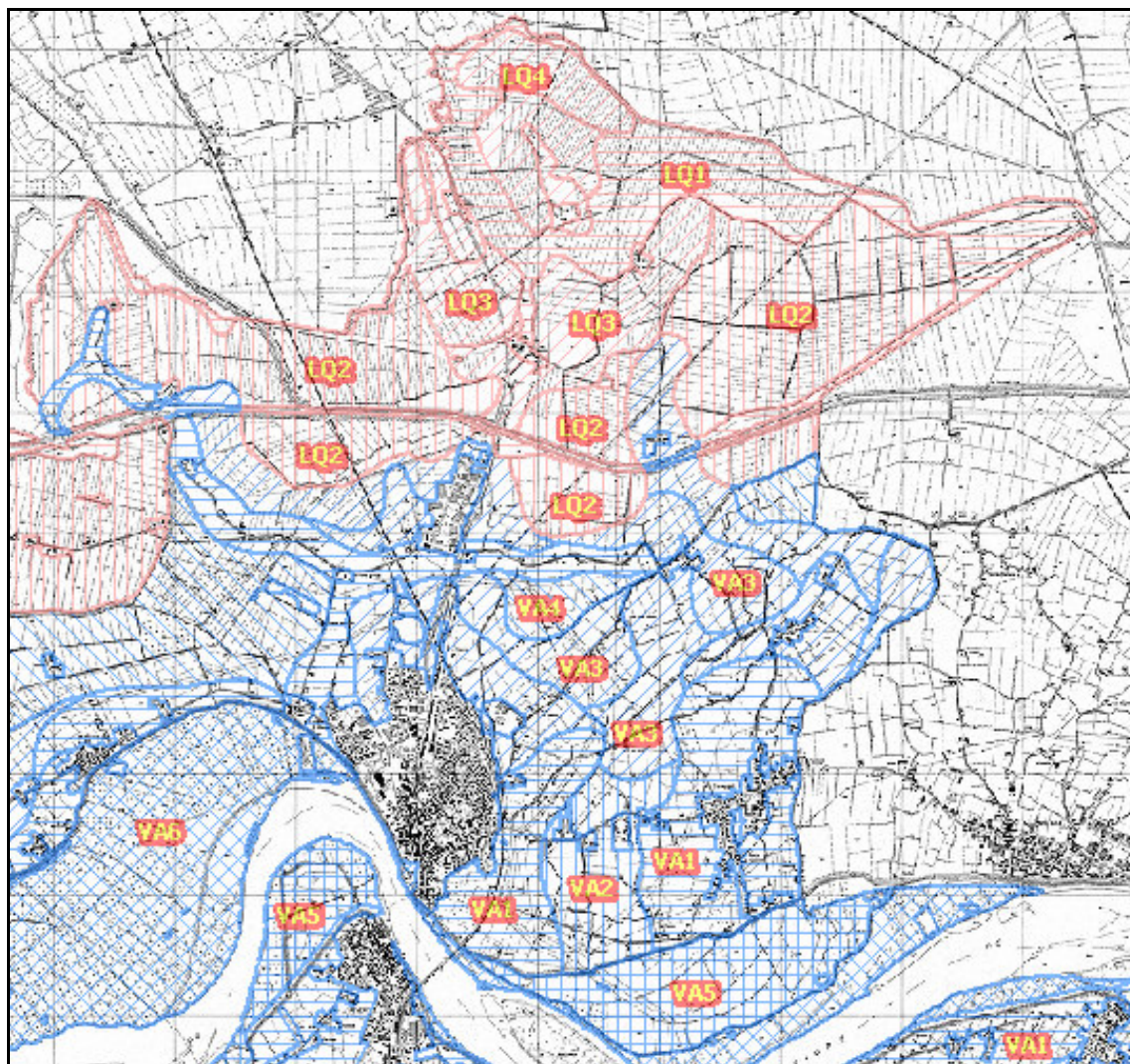
### **5.5.1. Caratteristiche pedologiche**

Per le informazioni relative agli aspetti più specificamente geopedologici, importanti, in particolare, nei comuni, come Ostiglia, in cui l'agricoltura presenta una forte rilevanza per la pianificazione, si è operato suddividendo il territorio in classi a caratteristiche omogenee.

A questo riguardo, nel presente studio si è fatto riferimento alla cartografia pedologica prodotta dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e Foreste (E.R.S.A.F.) consultabile nel S.I.T. regionale.

Come raffigurato nello stralcio riportato in Figura 5, nel Comune di Ostiglia si riconoscono due realtà pedopaesaggistiche (sistemi) tra loro ben diversificate (sottosistemi), distinte sulla base di criteri idro-geomorfologici:

- Media Pianura Idromorfa – LQ;
- Piana alluvionale – VA.



**FIGURA 5** – CARTA PEDOLOGICA DEL COMUNE DI OSTIGLIA RIPRESA DAL S.I.T. DELLA REGIONE LOMBARDIA  
(LEGENDA: LQ = MEDIA PIANURA IDROMORFA; VA = PIANA ALLUVIONALE)

### **Media Pianura Idromorfa – LQ**

E' localizzata in una larga fascia che si sviluppa nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale di Ostiglia, spingendosi poco più a sud del Canal Bianco. Essa si è formata in seguito

all'alluvionamento di zone stabili del Livello Fondamentale della Pianura da parte dei corsi d'acqua che si formavano in fase postglaciale dai fontanili situati al contatto con il sottosistema LG.

La Media Pianura Idromorfa è caratterizzata dalla presenza di una serie di alvei fossili attualmente sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua che vi scorrono e da ampie zone a morfologia piatta e leggermente ribassate con sedimenti fini.

La falda è quasi sempre presente in prossimità della superficie ed è causa di evidenti segni di idromorfia all'interno del profilo.

Nell'area di studio è possibile riconoscere quattro sottosistemi:

- **LQ1:** principali vallecole a tratti incise e generalmente infossate che ripercorrono le antiche tracce di antichi percorsi fluviali, con drenaggio molto lento per la presenza di una falda semipermanente prossima al piano campagna e presenza di depositi organici più o meno conservati in funzione del grado di idromorfia. Nell'area in studio si riscontra in prossimità del confine settentrionale del territorio comunale nella vallecole del Fiume Tartaro;
- **LQ2:** aree vallive dove la morfologia depressa e la granulometria fine rendono difficoltoso lo smaltimento delle acque superficiali, generalmente prive di scolo esterno naturale delle acque eccedenti, spesso caratterizzate dalla presenza di elementi drenanti artificiali. Occupano una larga fascia che si sviluppa da O a E, parallelamente al Canal Bianco, compresa l'oasi naturalistica del Busatello;
- **LQ3:** Superfici morfologicamente piatte interposte alle principali linee di flusso che per la loro vicinanza con zone più depresse presentano segni di idromorfia, a drenaggio da mediocre a lento; nell'area indagata si sviluppano parallelamente della S.S. 12, dal confine settentrionale in prossimità di Ponte Molino sino alle località di Corte Agnella e Corte Gazzina;
- **LQ4:** Superfici modali stabili meglio conservate da subpianeggiante od ondulata, leggermente rilevate rispetto al paesaggio circostante, dotate di drenaggio da mediocre a buono. Nell'area in studio si rinviene nella porzione settentrionale di Ostiglia, in prossimità della località di Ponte Molino.

### **Piana Alluvionale – VA**

E' localizzata in una larga fascia che si sviluppa nella porzione centro-meridionale del territorio comunale di Ostiglia a sud del Canal Bianco, comprese anche le aree golenali del Fiume Po.

Si tratta di piana alluvionale inondabile con dinamica prevalentemente deposizionale ad opera del Fiume Po, costituita da sedimenti recenti o attuali (Olocene recente o attuale).

Nell'area di studio è possibile riconoscere sei sottosistemi:

- **VA1:** dossi di forma generalmente allungata, poco rilevati e dolcemente raccordati alle superfici adiacenti, diffusi nella piana alluvionale di tracimazione che si sviluppano a ridosso dell'argine

principale del Fiume Po. I sedimenti superficiali non sono né eccessivamente grossolani né eccessivamente fini e il drenaggio risulta complessivamente buono, o localmente mediocre.

Nell'area in studio si rinviene nei pressi dell'abitato di Ostiglia, nelle vicinanze di Borgo San Giovanni e Correggioli e in corrispondenza di Bugno San Romano, dove si sviluppa un dosso con direzione perpendicolare all'argine che proseguendo verso NE si biforca in due diramazioni in prossimità di Arginino Grande;

- **VA2:** superfici morfologicamente piatte o lievemente ondulate, originatesi in seguito alle rotte più consistenti degli argini principali (ventagli di esondazione). Si tratta di un'unità a forma di lobo, poco estesa a ridosso dell'argine artificiale del Po fino in prossimità dell'area cimiteriale. Il drenaggio del suolo è moderatamente rapido, la permeabilità moderatamente elevata e la capacità di ritenzione idrica moderata;
- **VA3:** Superfici a morfologia lievemente ondulata o piatta, di transizione tra le zone più rilevate e quelle più depresse, dotate di drenaggio da buono a mediocre, in quanto la tessitura risulta variabile da franca a franco-limosa e localmente è possibile riscontrare tracce di idromorfia dovute alle oscillazioni stagionali della falda. Nell'area di studio si rinviene in diverse aree in prossimità del Canal Bianco, a nord dell'abitato di Ostiglia e nei pressi di Comuna Bellis;
- **VA4:** Superfici a morfologia piatta o infossata, drenate artificialmente e di recente bonifica, in cui tendono a raccogliersi le acque provenienti dalle aree circostanti. I sedimenti argilloso-limosi sono stati depositati da alluvioni recenti del Fiume Po; i suoli presentando un tessitura franco limoso-argillosa o franco argillosa, possiedono un drenaggio molto lento. Il sottosistema si sviluppa a nord dell'abitato di Ostiglia e a sud della S.P. 80;
- **VA5:** Golene protette comprese tra gli argini golenali e l'argine maestro, inondabili durante gli eventi di piena straordinaria. Si tratta, pertanto, di aree confinate in ambiti morfologici ben definiti. I depositi hanno litologia generalmente media o medio-fine in quanto gli argini circoscrivono completamente queste aree e dopo le inondazioni hanno reso lento il deflusso delle acque con il conseguente deposito di sedimenti fini nono stante la vicinanza dell'asta fluviale;
- **VA6:** Superfici adiacenti al Fiume Po e all'Isola Boschina, inondabili durante le piene ordinarie. Per questi motivi i suoli presentano caratteristiche particolari: il profilo è spesso costituito da un susseguirsi di sottili strati corrispondenti alle alluvioni che si succedono di anno in anno.

### 5.5.2. Capacità d'uso dei suoli

Per capacità d'uso dei suoli si intende l'individuazione dell'intensità massima di utilizzo compatibilmente con l'esigenze di conservazione delle risorse pedologiche. Secondo la norme della "*Land Capability Classification*", utilizzate dall'E.R.S.A.L., i suoli sono ripartiti in 8 classi con limitazioni crescenti.

Nella zona studiata sono presenti suoli di I, II, III, IV, V e VII classe; il territorio di Ostiglia risulta, infatti, suddiviso in tre parti, distinte sulla base delle realtà pedopaesaggistiche precedentemente riscontrate.

In quella settentrionale, caratterizzata da ambiti idro-geomorfologici tipici di Media Pianura Idromorfa, i suoli ivi presenti vengono classificati generalmente nelle Classi IV e III di capacità d'uso in quanto presentano limitazioni da molto severe a severe che riducono drasticamente la scelta delle colture; i fattori limitanti sono rappresentati alla tessitura argillosa sfavorevole alle lavorazioni, al drenaggio lento, all'eccessiva presenza di acqua che si verifica, talora, a profondità comprese tra 100 e 50 cm. In tale contesto si differenziano i suoli presenti in alcune plaghe morfologicamente più rilevate, classificati nella Classe II in quanto le sole limitazioni riscontrate sono da imputarsi ad un drenaggio mediocre.

Nella parte meridionale del territorio di studio, caratterizzato da ambiti tipici di Piana Alluvionale, i suoli ivi presenti vengono classificati generalmente in Classe I e II di capacità d'uso in quanto presentano pochissimi fattori limitanti, legati principalmente all'occasionale ma eccessiva presenza d'acqua e al drenaggio mediocre, e quindi possono essere utilizzati per tutte le colture.

I suoli presenti nelle golene protette sono classificati in Classe II di capacità d'uso in quanto i fattori limitanti sono rappresentati dal drenaggio mediocre e dal rischio di inondazione occasionale che determinano danni alle colture.

I suoli delle superfici adiacenti al Fiume Po e all'Isola Boschina vengono classificati in Classe VII di capacità d'uso in quanto presentano limitazioni severissime, difficilmente eliminabili, in quanto rappresentate dalle frequenti inondazioni che ostacolano l'attuazione delle comuni colture.

### 5.5.3. Attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami zootecnici

Secondo gli studi dell'E.R.S.A.L. (*I suoli della pianura ostigliese*, 1991) l'attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami zootecnici distribuiti a scopo fertilizzante, viene definita da quattro classi di idoneità in relazione ai veri fattori limitanti presenti sul territorio: inondabilità, petrosità, pendenza, drenaggio, profondità della falda, capacità protettiva dei suoli e profondità dello strato permeabile.

L'attitudine dei suoli allo spandimento dei liquami è così distribuita:

- **suoli adatti:** si trovano nelle zone più rilevate dell'area studiata, costituite da una fascia parallela all'argine maestro del Po, da due ampie zone attorno agli abitati di Ostiglia e Correggioli, oltre dal dosso che unisce Comuna Santuario con B. Vallona e degli antichi dossi fluviali di origine fluvioglaciale nella zone di Ponte Molino;
- **suoli moderatamente adatti:** costituiscono la classe più diffusa nell'area di studio e sono diffusi nel comprensorio posto a N del Canal Bianco, nella porzione territoriale compresa tra gli abitati di Comuna Bellis e Comuna Santuario e a NE dell'abitato di Ostiglia;



- **suoli poco adatti:** sono poco diffusi e si trovano nelle valli a N di Ostiglia;
- **suoli non adatti:** sono limitati alle golene aperte, inondabili in occasione di piene ordinarie, all'Isola Boschina, in corrispondenza dell'area del Busatello e all'estremità nord-orientale del territorio comunale prossima alla depressione delle grandi valli veronesi.

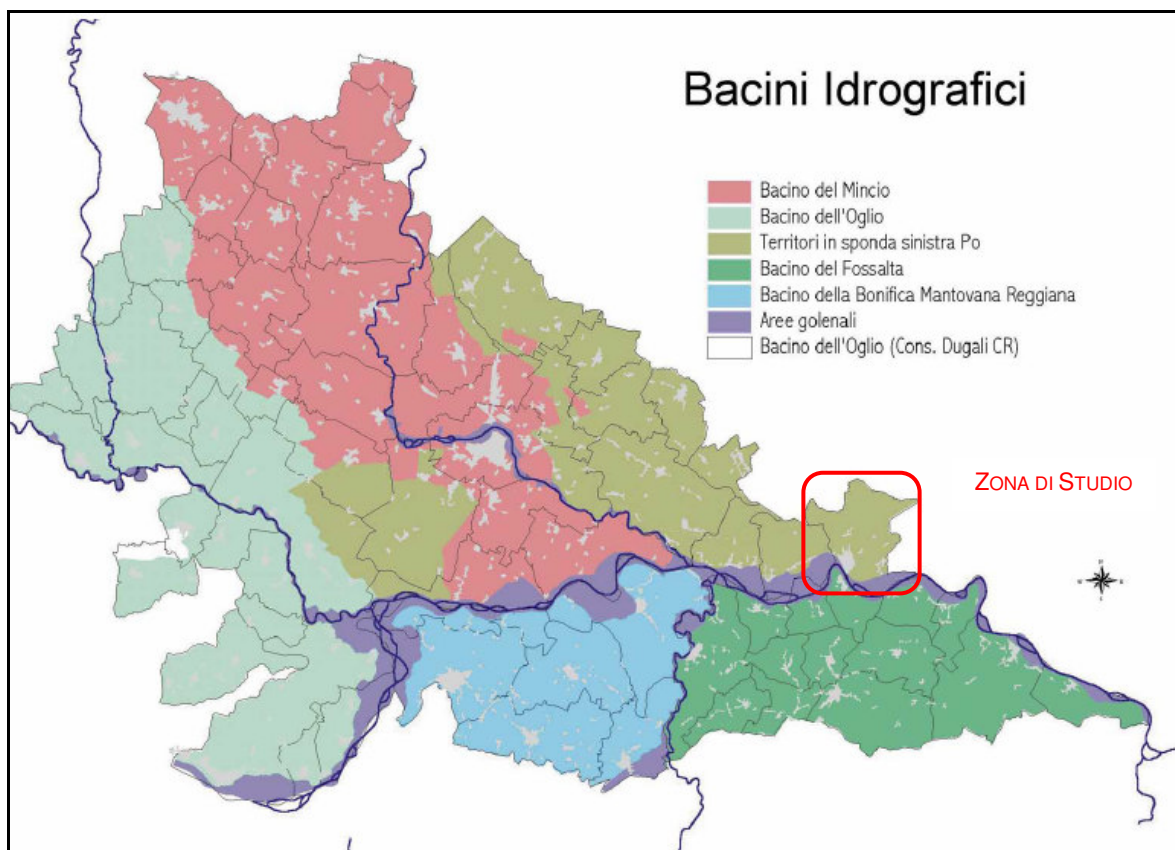
La Provincia di Mantova nell'ambito del "Progetto reflui zootecnici" ha elaborato la "Carta della vulnerabilità idrogeologica" in collaborazione con l'E.R.S.A.L. Sulla carta sono stati accorpati i suoli non adatti con quelli poco adatti e i suoli adatti con quelli moderatamente adatti.

I primi compongono l'area vulnerabile estesa alla fascia adiacente al corso del Po inondabile durante le piene ordinarie, al Busatello e nelle zone morfologicamente più depresse poste a N del Canal Bianco; gli altri formano le aree non vulnerabili nel resto del territorio comunale.

### 5.6. Idrografia superficiale

La quasi totalità del territorio Ostigliese appartiene al bacino dei territori in sponda sinistra Po, mentre l'ambito territoriale a sud, delimitato dal fiume Po, appartiene all'area golenale del Po (FIGURA 6).

La rete irrigua del territorio comunale è gestita dai Consorzi di Bonifica Fossa di Pozzolo e Restara San Sebastiano.



**FIGURA 6** – CARTA DEI BACINI IDROGRAFICI DELLA PROVINCIA DI MANTOVA

Il reticolo idrografico deriva, oltre che dalla naturale evoluzione de fiumi Po e Tartaro, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate in epoca romana e potenziate, in tempi più recenti, dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali elementi ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti nel quale gli spartiacque superficiali più importanti sono costituiti a nord dal Canal Bianco, a est dal Dugale Madonna della Comuna, dal Dugale di San Sebastiano, dal Dugale di Correggioli e dal Dugale della Comuna Bellis, a sud dal Fiume Po a ovest dal Canale Canameletto.

Importante risulta il canale denominato "Fossa di Ostiglia", tombinato nel tratto ubicato all'interno del centro cittadino, per poi tornare a pelo libero in prossimità dell'impianto di depurazione, fino all'immissione in Canal Bianco.

L'elemento idrografico sicuramente più rilevante è rappresentato dal Fiume Po che come si è visto in precedenza ha contribuito in maniera importante alla modellazione del paesaggio.

Da un punto di vista idraulico, il Fiume Po nel tratto in esame, posto nella parte media e terminale del suo corso, tra la *confluenza Mincio e l'incile del Delta*, presenta un assetto di connotazione fortemente artificiale, il cui regime di flusso è influenzato in generale dalla condizioni idrologiche, geomorfologiche e delle opere di difesa e di sistemazione idraulica, realizzate sull'asta fluviale.

Le escursioni di livello tra le condizioni ordinarie e di piena superano in questo tratto i 10 m.

Le arginature maestre, continue su entrambe le sponde, arrivano fino a 22÷23 metri di altezza s.l.m. e hanno fatto sì che tutta l'evoluzione recente dell'alveo avvenisse all'interno di esse.

L'elevata distanza delle arginature delimita lungo l'asta una grande area che svolge essenziali funzioni di laminazione (golene chiuse).

In questo tratto dell'asta fluviale, l'alveo di magra è sostanzialmente monocursale, caratterizzato da arginature parallele prossime alle sponde che limitano l'estensione delle zone golenali fino in prossimità dell'alveo inciso.

In particolare, nel tronco medio inferiore, la forma tipica dell'alveo del Po presenta:

- un alveo maggiore, compreso fra gli argini maestri, con larghezze variabili fino a valori che sono, per lunghi tratti, superiori ai 2000 m, in cui sono comprese le aree golenali;
- all'interno dell'alveo maggiore si trova un alveo medio, inciso rispetto al livello delle golene, di larghezza variabile attorno a valori di 450-500 m.

L'evoluzione morfologica dell'alveo inciso risulta estremamente lenta e di modesta entità; non si osservano modificazioni significative nel periodo recente, a partire dal 1991; i fenomeni erosivi di sponda sono localizzati e di entità molto modesta. L'alveo di magra è oggi pressoché interamente sistemato per la navigazione e caratterizzato da un assetto sufficientemente stabile.



In merito alle tendenze evolutive dell'alveo inciso del Fiume Po, l'analisi dell'evoluzione morfologica dell'alveo inciso nel periodo successivo o contestuale alla realizzazione delle opere di navigazione (intervallo considerato 1943-2003), ha confermato che l'evoluzione geomorfologica e sedimentologica dell'alveo inciso nel tratto navigabile, fino alla configurazione 2005, è stata fortemente condizionata dalle opere di navigazione e dalla attività estrattiva in alveo.

In riferimento al periodo 1954-1991, sulla base di alcune sezioni Brioschi e in particolare alle n. 50 (Ostiglia – 2 km a monte del ponte F.S. BO-VR), n. 51 (Ostiglia – 2 km a monte del ponte F.S. BO-VR) e n. 53 (Ostiglia – ponte F.S. BO-VR), si evidenzia un abbassamento significativo del fondo alveo che raggiunge valori compresi tra 3,03÷3,94 metri.

Gli abbassamenti più significativi si sono verificati nei periodi 1954-1969 e 1969-1979, mentre dal 1979 al 1991 si registra una tendenza all'attenuazione del trend.

Nel periodo compreso tra gli anni 1979 e 2005 si registra un sostanziale equilibrio del profilo di fondo medio dell'alveo, con abbassamento inferiori al metro e con l'instaurarsi di episodi di recupero della quota di fondo. Pertanto, sulla base delle considerazioni sopra esposte, è possibile affermare come il trend evolutivo dell'abbassamento dell'alveo in questi ultimi anni non sia esaurito e l'attuale tendenza all'attenuazione o a un leggero recupero delle quote minime sia strettamente correlabile alla rigorosa limitazione attuata sulle asportazioni di inerti dall'alveo attivo.

Altro elemento distintivo è il complesso Fissero Tartaro Canal Bianco il cui bacino complessivo è stato perimetrato con D.P.R. del 01.06.1998; si tratta di un corso d'acqua artificiale che presenta molteplici finalità, quali di sistemazione idraulica, irrigua e navigazione interna.

Il Canal Bianco percorre l'intero territorio comunale con andamento ovest est, separando la zona a sud, comprendente gran parte del territorio comunale e sede dei principali nuclei urbani, dalla zona settentrionale prevalentemente ad uso agricolo.

Collegato a questo sistema esiste inoltre il complesso reticolato di rii e piccoli canali regimati ad uso irriguo e drenante che interessa buona parte del territorio comunale, rappresentato nella TAVOLA 4 – CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO.

Nel presente lavoro si è optato di elencare, oltre al Fiume Po e complesso Fissero-Tartaro-Canal Bianco, solo quei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale:

Busatello: posto nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Ostiglia, si sviluppa in direzione nord/sud dalla località di Casin Bordino, punto di confluenza dei fiumi Tartaro e Tione, al Canal Bianco a sud. La sua importanza è collegata alla presenza dell'oasi naturalistica della Palude di Ostiglia, il cui approvvigionamento idrico avviene per mezzo di un'idrovora posta in territorio veronese; la sua vallecchia infatti, risulta pensile rispetto la campagna circostante.

Acque Basse: posto nella porzione nord-occidentale del comune, entra in territorio ostigliese per qualche centinaio di metri, scaricando le proprie acque nel Canal Bianco.

Canameletto: drena con andamento SO-NE la porzione sud-occidentale del territorio comunale, scaricando le proprie acque nel Canal Bianco, all'interno della fascia compresa tra l'area di pertinenza portuale e la linea ferroviaria dismessa Legnago-Ostiglia, nelle vicinanze della località Calandre.

Fossetta di Ostiglia: tobinato nel tratto ubicato all'interno del centro cittadino, per poi tornare a pelo libero in prossimità dell'impianto di depurazione, fino all'immissione in Canal Bianco, scorre nella parte meridionale del territorio comunale con andamento S-N.

## **6. ANALISI DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA**

Per la descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area di studio sono stati utilizzati i dati reperibili sia a livello regionale che locale e sono state verificate le eventuali variazioni delle informazioni ottenute riguardanti la presenza delle acque sotterranee.

Per quanto riguarda la situazione generale relativa alle acque sotterranee si è fatto riferimento ai seguenti studi:

- Programma di Tutela ed Uso delle Acque;
- Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia;
- Piano di Risanamento delle Acque della Provincia di Mantova;
- Stratigrafie di pozzi pubblici e privati;
- Sondaggi geognostici;
- Parametri idrogeologici desunti da prove idrauliche di pompaggio condotte su alcuni pozzi;

I dati idrogeologici esaminati sono stati comparati con la situazione presente nel territorio comunale.

Gli elementi idrogeologici riportati nella Cartografia di inquadramento: TAVOLE 3 – CARTA IDROGEOLOGICA E DI VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI, sono:

- pozzi a stratigrafia nota;
- isopiezometriche e direzione di flusso dell'acqua sotterranea;
- vulnerabilità del primo acquifero;
- tracce delle sezioni idrostratigrafiche;
- sezioni idrostratigrafiche.

### **6.1 Inquadramento idrogeologico**

La pianura lombarda, all'interno della quale ricade il territorio comunale di Ostiglia, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee, la cui struttura idrogeologica è caratterizzata dalla presenza di

potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media (in massima parte compresa tra 100 e 50 metri s.l.m.) e bassa pianura (posta in massima parte al di sotto dei 50 metri s.l.m.).

La Relazione Generale del Programma di Tutela delle Acque della Regione Lombardia (P.T.U.A.), nella Tavola 9 “*Aree di Riserva e di Ricarica e captazioni ad uso potabile*”, individua le varie zone presenti in Provincia di Mantova, ovvero:

- macroarea di riserva compresa nei bacini idrogeologici di pianura: interessa tutta la provincia di Mantova;
- aree di riserva ottimale: interessa la porzione di territorio mantovano posta a sud delle colline moreniche lungo l’allineamento Castel Goffredo-Goito-Roverbella nonché la fascia territoriale orientale posta in sinistra del fiume Mincio e a nord del fiume Po, per cui anche il territorio comunale di Ostiglia;
- aree di riserva integrative: non sono presenti in territorio mantovano;
- aree di ricarica degli acquiferi profondi: interessano la porzione di territorio mantovano posta al piede delle colline moreniche (fascia pedecollinare) nonché le aree inframoreniche.

Per quanto riguarda la struttura degli acquiferi si fa riferimento in particolare allo Studio della Regione Lombardia (2002), “*Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*”.

Nel sottosuolo della Regione Lombardia sono stati riconosciute quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D) a partire dal piano campagna; ciascun Gruppo Acquifero è stato descritto attraverso i parametri geometrici, stratigrafici, deposizionali e ambientali.

All’interno di ogni Gruppo Acquifero vi è un’ulteriore compartimentazione in unità idrostratigrafiche di rango inferiore (Complessi Acquiferi), a loro volta separati da setti impermeabili caratterizzati da una più limitata continuità laterale.

Nell’area di studio sono presenti i **Gruppi A e B**.

Il **Gruppo Acquifero A**, con età compresa tra 450.000 anni e il presente, ha un limite basale posto a profondità comprese tra 200 e 250 metri sotto il livello medio del mare. Lo spessore cumulativo dei livelli porosi permeabili è compreso tra 80 e 120 metri.

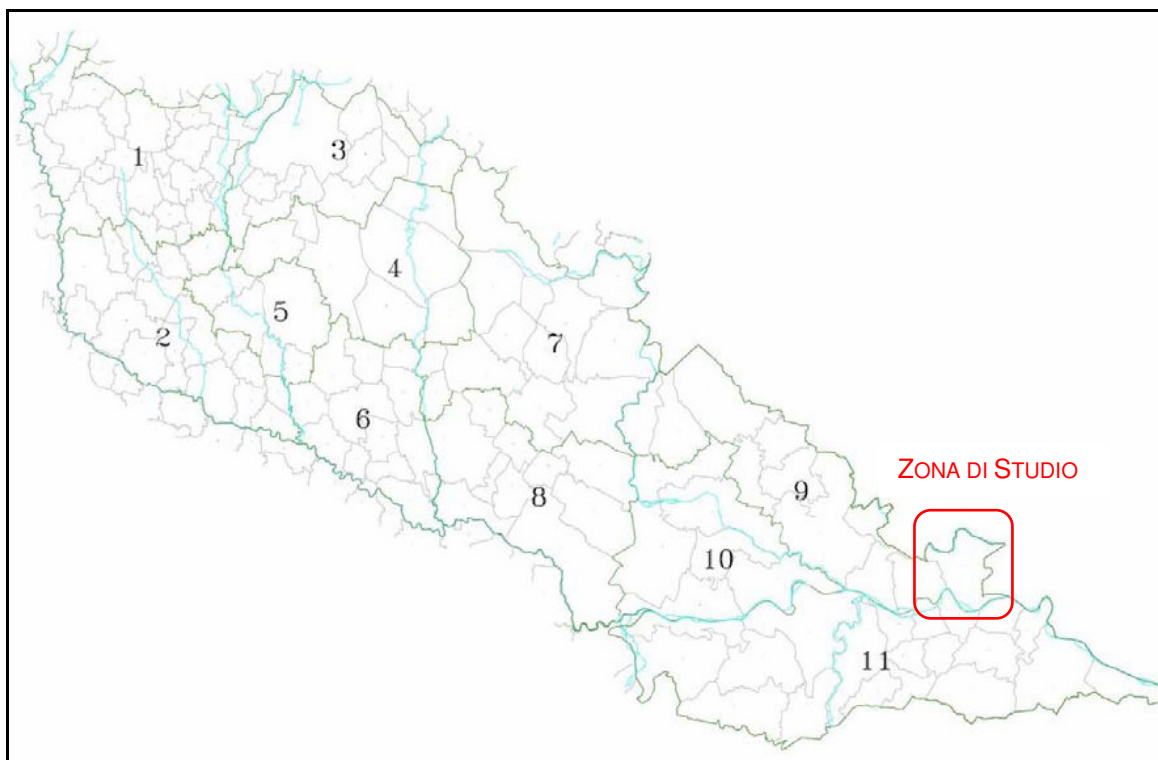
Il **Gruppo Acquifero B**, con età compresa tra 450.000 e 650.000 anni dal presente, ha il livello basale considerato come interfaccia acqua dolce-salmastrea posto tra 400 e 450 metri sotto il livello medio del mare.

Attualmente sia i pozzi privati che pubblici prelevano le acque dai vari livelli produttivi dei Gruppi Acquiferi A e B.

I depositi del Gruppo Acquifero C sono privi di livelli acquiferi utili in quanto saturi di acque salmastre.

Con riferimento all’Allegato 3 della già citata Relazione Generale del Programma di Tutela ed Uso delle Acque della Regione Lombardia, in cui è stata eseguita una suddivisione della Regione in bacini a

loro volta suddivisi in settori, con caratteri idrogeologici omogenei, si osserva che il Comune di Ostiglia ricade nel Settore 9 “Ostiglia” del Bacino 5 “Oglio-Mincio”.



**FIGURA 7 – BACINO 5 “OGLIO-MINCIO” CON I RELATIVI SETTORI IDROGEOLOGICI**

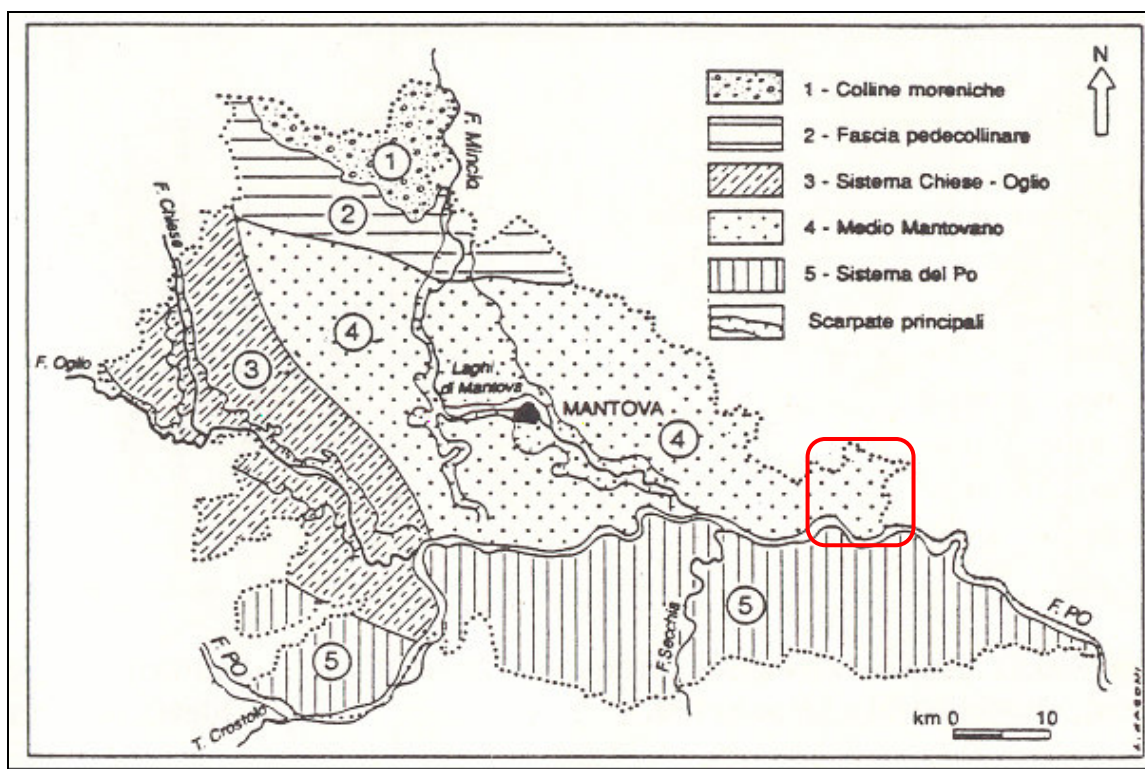
Il settore idrogeologico 9 “Ostiglia”, collocato nella parte orientale del Bacino 5, in adiacenza con il confine regionale e delimitato a sud dal Fiume Po, è caratterizzato da un acquifero differenziato la cui base si ritrova tra -80 e -140 metri s.l.m.; l’aquitard più o meno continuo di separazione tra falda superficiale e confinata è compresa tra le quote di -0 e -15 metri s.l.m. La trasmissività media è di  $4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

## 6.2. Struttura degli acquiferi

Il territorio mantovano appartiene al grande bacino idrogeologico Padano, con un acquifero compreso mediamente tra i 400 e i 500 metri; la base può essere assunta, in prima approssimazione, in corrispondenza dell’interfaccia acque dolci-salate, posta a tale profondità. Nella Provincia di Mantova, tale acquifero è contraddistinto da caratteristiche piuttosto variabili, che, sullo base dello studio redatto da Baraldi F. e Zavatti A.(1994), permettono di suddividerlo in cinque Unità idrogeologiche:

- Unità idrogeologica delle Colline Moreniche
- Unità idrogeologica Pedecollinare
- Unità idrogeologica del Medio Mantovano – Laghi di Mantova

- Unità idrogeologica del sistema Chiese-Oglio
- Unità idrogeologica del Po – basso mantovano



**FIGURA 8** – UNITÀ IDROGEOLOGICHE – DA *STUDI SULLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI*  
(F. BARALDI E A. ZAVATTI, 1992)

In tale studio, il territorio comunale di Ostiglia risulta interamente compreso nell'**Unità idrogeologica del Medio Mantovano**, che occupa il territorio compreso tra la fascia pedecollinare e il Fiume Po e sfuma a E nell'unità dell'Adige, in territorio veronese.

Tuttavia, dalle risultanze di uno studio condotto da Baraldi F. & Pellegrini M. (1976), curato da C.N.R. e I.R.S.A., si ritiene più attendibile che il territorio comunale di Ostiglia sia suddivisibile in due zone distinte, poste rispettivamente a N e a S rispetto all'alveo del Canalbianco.

La parte settentrionale del comune ricade nell'**Unità idrogeologica del Medio Mantovano** (Zona 13 nello studio sopra menzionato), le cui caratteristiche sono legate alle modalità di apporto dei fiumi Adige, Mincio, Tione e Tartaro e di altri scaricatori fluvio-glaciali minori, mentre la parte a S, compresa tra il Po e il canale stesso, ricade nell'ambito dell'**Unità idrogeologica del Sistema Po** (Zona 19), interessata principalmente dalle modalità di deposito del Po.

Tale distinzione degli ambiti idrogeologici trova riscontro nelle successioni idrostratigrafiche, ricostruite mediante le osservazioni ottenute dalle stratigrafie dei pozzi locali.

Nell'ambito del **Medio Mantovano**, la ricostruzione dei corpi acquiferi ha evidenziato la presenza del tetto della prima falda, sovrastata da depositi argilloso-sabbiosi e argilloso-limosi, ad una profondità di

circa 15 metri; essa presenta spessori variabili tra 15 e 30 metri ed è ospitata da depositi costituiti da sabbie fini, caratterizzata da scarsa circolazione idrica. Seguono fino a 75-80 metri, fitte alternanze di livelli potenti 4-5 metri, costituiti da argille, argille sabbiose e sabbie fini. La seconda falda, il cui letto è localizzato a 100 metri di profondità, è ospitata in sabbie fini, a scarsa circolazione idrica. Al di sotto di una potente bancata prevalentemente argillosa, avente uno spessore variabile da 35 a 45 metri, si rinviene la terza falda, ospitata in sabbie medie, a circolazione idrica relativamente abbondante.

La zona compresa nel **Sistema Po** evidenzia una successione idrostratigrafica caratterizzata dalla presenza del tetto della prima falda, ospitata in sabbie da medio-fini a grossolane miste a ghiaietto e sovrastata da sedimenti argillosi, argilloso-sabbiosi e/o limosi, a partire da 20 metri di profondità; essa presenta spessori variabili tra 20 e 30 metri.

La circolazione idrica è variabile, da scarsa e relativamente abbondante in relazione alla granulometria dei depositi. Alla base si ha un banco, potente 20-25 metri, costituito da argille sabbiose, limi e sabbie finissime. La seconda falda, rinvenibile tra i 60-65 e 80 metri, è ospitata da sabbie medio-fini; la circolazione idrica è scarsa.

Al di sotto di un altro banco impermeabile dello spessore di circa 25 metri, costituito da argille compatte nere, con lenti di torba, si riscontra la terza falda, ricca di acqua, compresa tra i 100 e i 135 metri; essa ha sede in sabbie da medie a grossolane, talora frammiste a piccole percentuali di ghiaietto.

In merito alla ricostruzione di dettaglio della geometria dei corpi acquiferi nel primo sottosuolo, essa è stata desunta da dati riportati nelle Schede pozzi a stratigrafia nota di cui all'ALLEGATO 1.

Essi, infatti, sono stati utilizzati per ricostruire le due sezioni litostratigrafiche ad andamento O/E e N/S, riportate in TAVOLA 3 - SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE ED IDROSTRATIGRAFICHE (scala L=1:25.000, H=1:1.000).

La ricostruzione complessiva della successione stratigrafica dei depositi profondi fino alla quota di 130 metri da p.c., mette in evidenza una distribuzione dei vari livelli permeabili e impermeabili di tipo lentiforme, con frequenti variazioni sia in senso verticale che laterale, che configura un sistema caratterizzato da eteropia di facies tipica dei depositi di origine alluvionale.

Nello specifico, dall'esame delle sezioni stratigrafiche elaborate, le cui tracce hanno interessato quasi esclusivamente l'ambito dell'**Unità idrogeologica del Sistema Po**, è stato possibile individuare tre livelli acquiferi produttivi, in accordo con quanto evidenziato negli studi idrogeologici più generali precedentemente menzionati:

- un primo, presente tra 18/25 e 40/45 metri di profondità, ha sede in sabbie medio-fini, talora limose, produttive dal punto di vista idraulico solo in presenza di livelli sabbiosi a granulometria media e senza materiale matriciale (**prima falda**);
- un secondo, presente tra 55/65 e 75/80 metri di profondità, ha sede in sabbie fini, intercalato da depositi lentiformi limo-argillosi, produttivo solo in presenza di livelli sabbiosi (**seconda falda**);

- un terzo, presente tra 105 e 130 metri di profondità, ha sede in sabbie medio-grossolane, con orizzonti ghiaiosi fini, di maggiore produttività idraulica rispetto ai precedenti soprastanti (**terza falda**).

Nei primi 20 metri di profondità prevalgono depositi di natura limosa e limoso-argillosa con intercalazioni sabbiose fini, generalmente poco permeabili anche se saturi d'acqua; all'interno di tali depositi, è ospitata la **falda freatica**.

### 6.3. Piezometria dell'acquifero superficiale

Grazie alla presenza di diversi punti di misura accessibili, rappresentati da pozzi, pozzi a soglia, perfori di prove penetrometriche, sondaggi e laghetti di cava, interamente ubicati nel territorio comunale di Ostiglia, è stato possibile effettuare nel periodo compreso tra dicembre 2009 e gennaio 2010, una campagna di rilievo del livello piezometrico riferibile alla falda freatica superficiale.

I rilievi eseguiti hanno reso possibile la raccolta di informazioni in merito alla soggiacenza della falda freatica sul gran parte del territorio comunale, permettendo la successiva ricostruzione dell'andamento delle isopiezometriche, la cui quota in metri è riferita al livello del mare.

L'indagine risulta utile sia per la scelta della profondità di imposta delle strutture di fondazione di nuovi edifici, sia per fare una stima delle zone di alimentazione e drenaggio.

**TABELLA 2** – PUNTI DI MISURA DELLA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE (DICEMBRE 2009 – GENNAIO 2010)

N.	UBICAZIONE	SOGGIACENZA (m s.l.m.)	QUOTA TOPOGRAFICA (m s.l.m.)	QUOTA PIEZOMETRICA (m s.l.m.)
1	Loc. Arginino Piccolo – laghetto	- 1,20	+ 12,20	+ 11,00
2	Loc. San Romano – laghetto	- 1,80	+ 13,10	+ 11,30
3	Loc. Ponte Molino – laghetto	- 0,80	+ 11,20	+ 10,50
4	Area di trasformazione B – CPT*	- 2,30	+ 13,70	+ 10,40
5	Area di trasformazione D – CPT*	- 1,70	+ 12,90	+ 11,20
6	Area di trasformazione E – CPT*	- 2,10	+ 13,60	+ 11,50
7	Z.A.I ditta Andreasi S.r.l. – pozzo	- 1,25	+ 11,30	+ 10,05
8	Via Verrara, Ostiglia – pozzo	- 1,30	+ 13,30	+ 12,00
9	Area di trasformazione G – CPT*	- 1,50	+ 13,70	+ 12,20
10	Area di trasformazione F – CPT*	- 2,50	+ 14,90	+ 12,30
11	Comparto Produttivo Canalbianco – piezometro	- 0,70	+ 11,80	+ 11,10
12	Borgo San Giovanni – pozzo	- 2,50	+ 14,40	+ 11,90
13	S.S. 12 Correggioli – pozzo	- 1,93	+ 13,70	+ 11,77
14	Area di trasformazione F – CPT*	- 1,30	+ 13,40	+ 12,10

\*CPT = prova penetrometrica statica

Nel periodo dei rilievi, la soggiacenza della falda freatica varia da un valore massimo pari a -2,50 metri dal p.c. nel pozzo ubicato in località Borgo San Giovanni, nell'estremità orientale del territorio comunale in prossimità del rilevato arginale, ad un minimo di -0,70 metri dal p.c. nel piezometro installato all'interno del comparto produttivo Canalbiano, ubicato nella porzione centrale del territorio comunale.

Tenendo conto del periodo in cui sono state eseguite le misure, in linea di massima si può ritenere:

- nei terreni a tessitura limoso-sabbiosa la superficie freatica tende ad essere ad una profondità superiore a 200 cm da p.c., poiché tali litologie moderatamente permeabili favoriscono l'infiltrazione e la percolazione delle acque meteoriche;
- nei terreni prevalentemente argillosi impermeabili o semi-permeabili, la frangia freatica risale verso la superficie fino a valori compresi tra 70 e 120 cm da p.c.;
- nei terreni a miscela ternaria (argilla-limo-sabbia) la soggiacenza della falda freatica superficiale si posiziona in genere a profondità comprese tra 130 e 200 cm da p.c..

La ricostruzione della morfologia del tetto della falda, ottenuta dalla interpolazione di misure dei livelli statici e rappresentata con le curve isopiezometriche di equidistanza pari a 1 metro, è stata rappresentata in TAV. 3 – CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI (scala 1:10.000). Le isopiezometriche riportate in TAVOLA 3 sono riferite alla fase di massima escursione della falda che si verifica nel periodo tardo autunnale e primo invernale, a seguito delle abbondanti precipitazioni solitamente concentrate nei mesi autunnali.

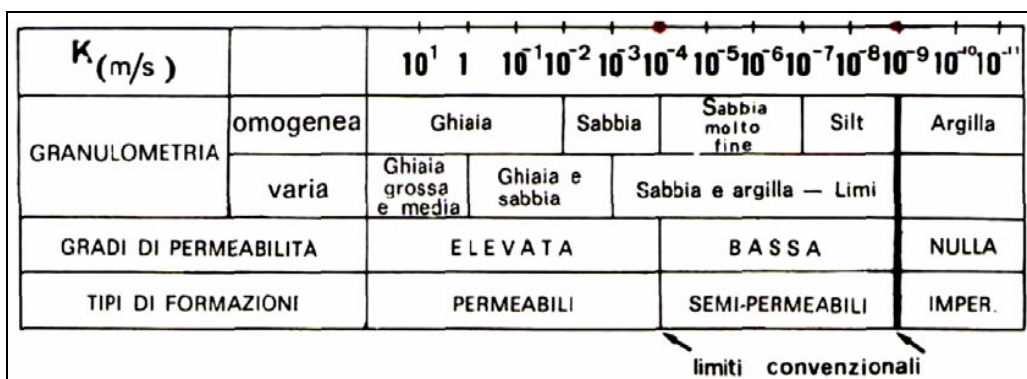
In merito all'andamento della falda freatica è possibile distinguere due situazioni ben distinte: nella parte settentrionale del territorio comunale, a partire dal Canal Bianco, le isopiezometriche hanno un andamento che richiama la situazione regionale con il flusso delle acque sotterranee diretto da NO verso SE, essendo la zona di alimentazione posta nell'alta pianura. Al contrario, nella parte meridionale del territorio, le isopiezometriche presentano un andamento diretto da SSE verso NNO, risentendo della presenza del fiume Po che svolge un'azione di alimentazione solamente a seguito di periodi di piena idrometrica del fiume stesso, facendo risentire i propri influssi fino a qualche chilometro di distanza. Sulla base delle considerazioni sopra esposte, si delinea la presenza di un importante spartiacque sotterraneo nella porzione centrale del territorio in esame, con andamento diretto da OSO verso ESE, sub parallelo al Canal Bianco.

#### **6.4. Permeabilità dei depositi superficiali**

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.



Per la definizione delle caratteristiche di permeabilità dei depositi superficiali, in mancanza di prove sperimentali condotte in sito e/o laboratorio, si è pervenuti all'individuazione del coefficiente di permeabilità utilizzando la tabella di FIGURA 9, in cui sono riportati i valori e i limiti convenzionali fra il tipo granulometrico e il grado di permeabilità, secondo una metodologia proposta da Castany (1982):



**FIGURA 9 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ K (DA CASTANY, 1982)**

Pertanto, in relazione ai tipi litologici descritti al PARAGRAFO 5.2 e cartografati in TAVOLA 2 – CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE, sono stati attribuiti i seguenti coefficiente di permeabilità k:

- depositi prevalentemente sabbiosi con permeabilità da elevata a bassa e k compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-5}$  m/s;
- depositi prevalentemente limosi con permeabilità bassa e k compreso tra  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  m/s;
- depositi prevalentemente argillosi con permeabilità da bassa a nulla e k compreso tra  $10^{-9}$  e  $10^{-11}$  m/s;
- depositi prevalentemente argilloso-torbosi con permeabilità da bassa a nulla e k compreso tra  $10^{-7}$  e  $10^{-11}$  m/s.

## 6.5. Vulnerabilità naturale del primo acquifero

Nella presente sezione è stata effettuata una valutazione della vulnerabilità idrogeologica intrinseca del primo acquifero per l'intero territorio comunale, dove per vulnerabilità intrinseca si intende la suscettibilità specifica dei complessi idrogeologici ad assorbire e diffondere un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea (Civita, 1987).

Essa rappresenta certamente uno dei più importanti strumenti di protezione ambientale.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi si considerano essenzialmente le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi presenti.

Tra i possibili approcci alla valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (metodi qualitativi, metodi parametrici e numerici), alla luce della disponibilità di dati, della scala di

riferimento e della finalità dell'indagine si è optato per adottare un metodo qualitativo, che prevede la zonizzazione per aree omogenee, attraverso la tecnica della sovrapposizione cartografica.

In particolare, si è seguito il metodo elaborato dal G.N.D.C.I. del C.N.R. che valuta la vulnerabilità intrinseca, per intervalli preordinati e situazioni tipo, tramite la sovrapposizione e intersezione dei parametri afferenti alla litologia di superficie (riferimento alla TAVOLA 1 – CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE), alla profondità del tetto delle sabbie, alle caratteristiche dell'acquifero (soggiacenza, falda libera, falda in pressione), secondo lo schema riportato nella seguente tabella, ripresa dalla documentazione prodotta dal G.N.D.C.

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità tetto ghiaie	Caratteristiche acquifero
BASSO	Argilla	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
	Limo-argilla	> 10 m	Falda in pressione
	sabbia	> 10 m	Falda in pressione con soggiacenza > 5 m
MEDIO	Limo	< 10 m	Falda a pelo libero o in pressione
	sabbia	> 10 m	Falda a pelo libero o in pressione con soggiacenza 0 – 5 m
ALTO	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda in pressione
ELEVATO	Sabbia e ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
ESTREMAMENTE ELEVATO	ghiaia	0 m	Alvei fluviali disperdenti

I risultati dell'analisi sono stati rappresentati cartograficamente in TAVOLA 3 – CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI (SCALA 1:10.000).

La combinazione delle diverse suscettività all'inquinamento che caratterizzano la variabilità di ognuno dei fattori sopra richiamati, ha permesso di individuare cinque classi di vulnerabilità esplicitate nella legenda di TAVOLA 3:

- **vulnerabilità estremamente elevata**, in corrispondenza delle superficie adiacenti al Fiume Po e all'Isola Boschina, inondabili durante le piene ordinarie;
- **vulnerabilità elevata**, in corrispondenza dell'area golenale protetta, compresa tra l'argine golenale e l'argine maestro, inondabile in occasione di piene straordinarie, ove prevalgono depositi superficiali caratterizzati da alta permeabilità (sabbie e sabbie limose con  $k \geq 10^{-5}$  cm/s), privi di copertura impermeabile; si tratta di una zona con l'acquifero superficiale caratterizzato da un grado elevato di vulnerabilità per la presenza di una falda libera.  
 La soggiacenza è generalmente compresa tra 1 e 5 metri;
- **vulnerabilità alta**, in corrispondenza dell'area posta tra gli abitati di Ostiglia e Correggioli, ove prevalgono depositi superficiali con permeabilità media (limi sabbiosi e sabbie limose con  $k = 10^{-4} \div 10^{-6}$  cm/s), quasi privi di copertura impermeabile; si tratta di una zona con l'acquifero superficiale ad alto grado di vulnerabilità per la presenza di una falda libera, la cui soggiacenza è generalmente compresa tra 1 e 2 metri di profondità;

- **vulnerabilità media**, in corrispondenza di due distinte aree: una posta a sud del Canal Bianco e a ovest, a nord e a est del centro abitato di Ostiglia e l'altra posta a nord del Canal Bianco. In tali aree prevalgono depositi di natura limosa, dotati di permeabilità medio-bassa ( $k = 10^{-7} \div 10^{-9}$  cm/s); si tratta di un acquifero superficiale con falda a pelo libero, la cui soggiacenza è generalmente  $> 2$  metri;
- **vulnerabilità bassa**, in corrispondenza di cui una vasta zona che va dal confine settentrionale del territorio comunale fino a sud del Canal Bianco, in aree in cui prevalgono depositi superficiali di natura argillosa caratterizzati da bassa permeabilità ( $k < 10^{-9}$  cm/s).

## 6.6. Idrochimica delle acque sotterranee

Per la definizione delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee presenti nel territorio comunale di Ostiglia sono stati presi in esame i dati delle analisi chimiche su una rete di controllo eseguite dall'Amministrazione provinciale di Mantova nel 1992, nell'ambito della redazione del Piano Regionale di Risanamento delle Acque.

La situazione idrochimica delle acque sotterranee, i cui dati reperiti sono elaborati secondo i distinti intervalli di profondità, può essere stimata come segue:

### 1) acquiferi fino a 50 metri di profondità

pH: 7.2 – 7.7

conducibilità elettrica specifica: 470 – 900  $\mu$ S/cm

durezza: 18 – 25 °F

alcalinità: 240 – 515 mg/l

cloruri: 16 – 71 mg/l

solforati: 0 – 47 mg/l

ammoniaca: 1.0 – 7.6 mg/l

nitriti: assenti

nitrati: assenti

ferro: 0.8 – 2.6 mg/l

fosfati: 0.1 – 2.5 mg/l

### 2) acquiferi fino a 100 metri di profondità

pH: 7.3 – 7.6

conducibilità elettrica specifica: 450 – 600  $\mu$ S/cm

durezza: 23 – 26 °F

alcalinità: 230 – 450 mg/l

cloruri: 25.5 mg/l

solforati:  $< 10$  mg/l

ammoniaca: 0.80 mg/l

nitriti: < 0.005 mg/l  
nitrati: < 1 mg/l  
ferro: < 1.3 mg/l  
fosfati: 0.1 – 1.1 mg/l

### **3) acquiferi oltre i 100 metri di profondità**

pH: 7.4 – 7.7  
conducibilità elettrica specifica: 560 – 600  $\mu$ S/cm  
durezza: 17 – 19 °F  
alcalinità: 270 – 330 mg/l  
cloruri: 30 – 37 mg/l  
solfati: < 5.0 mg/l  
ammoniaca: 2.6 – 3.9 mg/l  
nitriti: < 0.03 mg/l  
nitrati: < 5 mg/l  
ferro: < 1.5 mg/l  
fosfati: 1.8 – 2.3 mg/l

I parametri che superano le concentrazioni massime ammissibili (CMA) fissate dal D.P.R. 24 maggio 1988 n°236 e successive modifiche, sono frequentemente l'ammoniaca ed il ferro.

Si tratta comunque di una situazione geologica naturale, caratteristica dei depositi quaternari presenti in questa settore del territorio mantovano.

La Durezza delle acque di circolazione, più elevata nell'acquifero superficiale, è correlata con la distribuzione del carico salino dell'acqua e dell'aggressività della stessa, che presentano un trend negativo con la profondità.

Si segnala, infine, che il settore di Ostiglia, è interessato dalla presenza di arsenico nell'acqua di falda con concentrazioni superiori ai limiti di legge; le concentrazioni di arsenico presentano valori bassi fino a circa 60 m di profondità, possono aumentare con una certa discontinuità fino a 100-150  $\mu$ g/l nella seconda falda locale e diminuiscono poi gradualmente all'aumentare della profondità fino a circa 110-130 m, mantenendosi inferiori ai limiti di legge per tutte le profondità superiori.

## **7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE**

### **7.1. Zonizzazione e accelerazione sismica**

Il Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, recante “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”, entrato in vigore a partire dal 1 Luglio 2009, detta la normativa tecnica nazionale per le costruzioni.

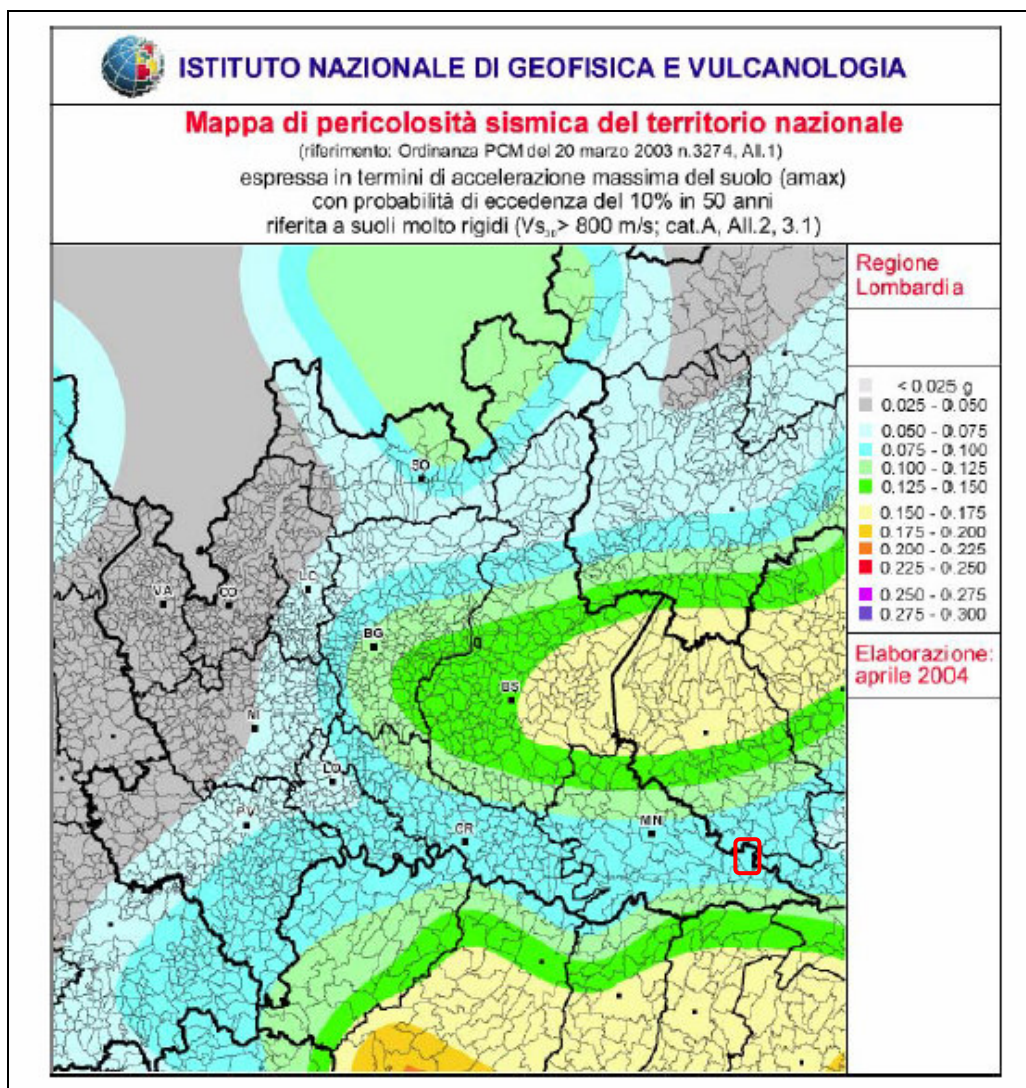


FIGURA 10 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA: DETTAGLIO PER LA REGIONE LOMBARDIA (I.N.G.V., 2004)

Per effetto dell'entrata in vigore del Decreto Ministeriale ha cessato di avere efficacia la normativa tecnica dettata in via d'urgenza, per ragioni di pubblica incolumità, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, la quale forniva l'individuazione delle zone sismiche del territorio nazionale, indicando, in un apposito allegato, la classificazione di ciascun comune.

Il Decreto Ministeriale suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) su suolo di categoria A, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il Comune di Ostiglia rientra nell'elenco dei comuni dichiarati a rischio sismico, il cui grado di rischio è funzione della zona in cui il territorio in esame viene assegnato; Ostiglia ricade in zona 4, per cui l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A è  $a_g = 0,05g$ .

La norma afferma che *“Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati nella tabella (...) e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso, i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni”*.

L’Ordinanza n. 3274 propone una classificazione sismica (I.N.G.V., 2004) che fornisce uno scenario della pericolosità sismica in Italia, in cui viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025, in attesa che venga promulgata una nuova e più rigorosa mappa sismica, proposta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Nella nuova Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) per suoli molto rigidi ( $V_{S30} > 800$  m/sec, categoria A), viene rappresentata l’attesa probabilistica di terremoti (periodo di ritorno  $Tr = 475$  anni), caratterizzati da maggiore o minore energia. Osservando la mappa emerge chiaramente come le aree in cui l’attesa sismica è più significativa corrispondono al settore nord-orientale (Friuli Venezia-Giulia e parte del Veneto), l’Appennino settentrionale, l’Appennino centrale e meridionale, l’arco calabro e la Sicilia orientale.

Dall’esame della mappa di dettaglio per la Regione Lombardia (FIGURA 10), si può osservare che la Provincia di Mantova è compresa in valori di  $a_{max}$  mediamente bassi ( $0,075g < a_{max} < 0,150g$ ).

Tali valori di picco sono indotti da attività sismica provenienti dalle vicine aree sismogenetiche del margine appenninico-padano, della dorsale ferrarese, del Garda Occidentale e del Veronese.

Come si può notare per il territorio comunale di Ostiglia, l’ $a_g$  massima attesa varia da valori minimi di **0.075g** fino a **0.100g**.

## 7.2. Sismicità dell’area e magnitudo di riferimento

Per lo studio della sismicità di un’area è fondamentale poter disporre di informazioni relativamente al passato, in quanto i terremoti, essendo provocati da cause geologiche, si ripresentano sempre nei medesimi areali.

La ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), I.N.G.V., Bologna;
- il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04) utilizzate per la compilazione dello stesso parametrico (CPTI04).

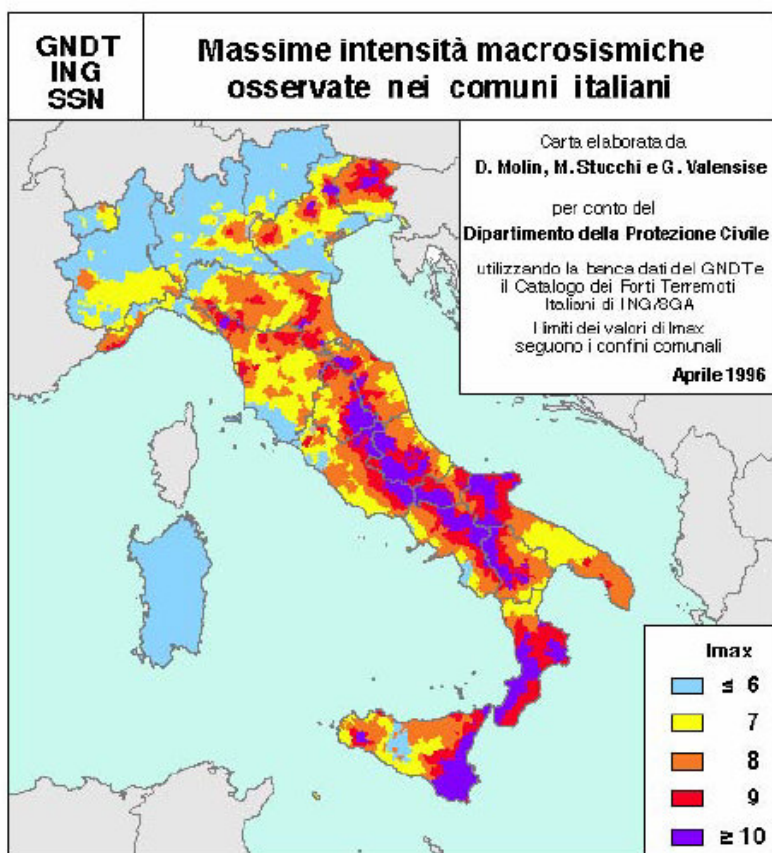
Attraverso l’accesso al Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI04), realizzato dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la compilazione del catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04) è possibile disporre delle osservazioni macrosismiche



dell'intero territorio italiano mediante due modalità: consultazione per terremoto di riferimento ovvero consultazione per località.

La consultazione per località permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04.

Entrambi gli strumenti sono stati impiegati da appositi gruppi di lavoro per la redazione di studi fondamentali, quali la “*Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*” (FIGURA 11) e la “*Mappa di pericolosità sismica*” di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche.



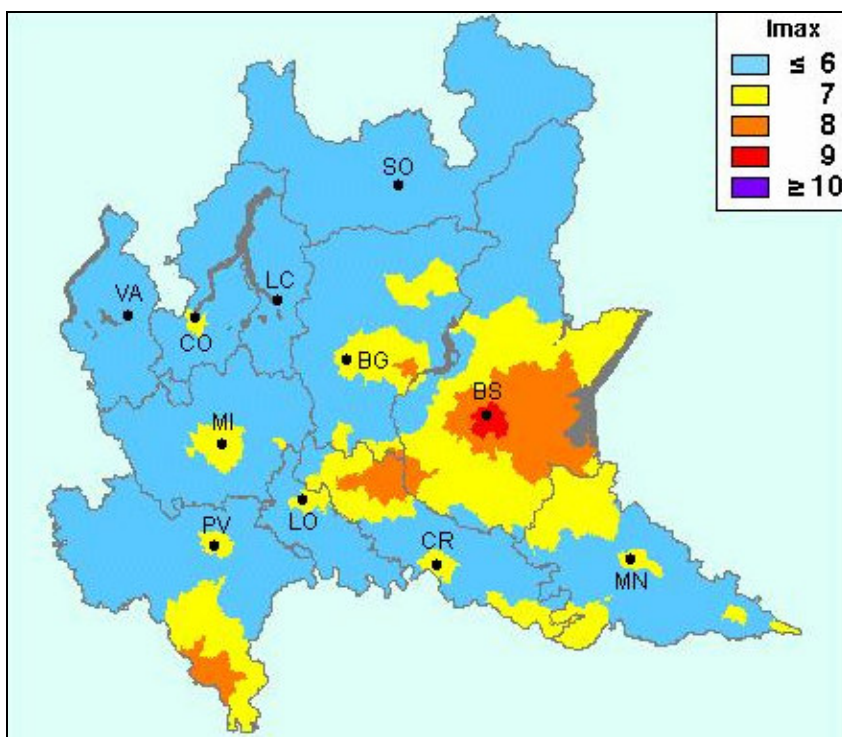
**FIGURA 11 – MAPPA DELLE INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE IN ITALIA (I.N.G.V.)**

In FIGURA 12, è riportata la situazione in dettaglio per quanto riguarda le massime intensità macrosismiche osservate in Lombardia; trattandosi di un elaborato che utilizza i limiti comunali quale cella unitaria, l'aspetto a “macchie di leopardo” che ne deriva, necessita di un'interpretazione elastica alla luce delle conoscenze geologiche, morfologiche e tettonico-strutturali che sono alla base del fenomeno sismico.

In ogni caso appare evidente che vengono confermate aree più significative sotto il profilo sismico, quelle dell'area bresciana e dell'oltrepò pavese ( $7 < I_{max} < 9$ ).

Nella provincia mantovana, caratterizzata da bassa sismicità, le intensità massime  $I_{max}$  attese sono generalmente inferiori a 6; si differenziano da questo comportamento i comuni dell'alto mantovano, ai confini con Brescia e Verona, che hanno risentito di effetti macroscopici maggiori in virtù della loro relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici che hanno colpito Brescia (1222) e Verona (1117). Analogamente le massime intensità storiche riscontrate nei Comuni del sud-ovest della Provincia, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Parmense.

L'intensità attribuita al Comune di Felonica non è anomala in quanto simile ai valori di intensità dei comuni ferraresi e rodigini confinanti; risulta, invece, anomalo il caso di Magnacavallo, non giustificabile per una carenza di fonti documentarie. La situazione riscontrata per il Comune di Mantova, con intensità superiori rispetto ai comuni circostanti è, probabilmente, imputabile alla completezza del record macrosismico, inteso come numero di risentimenti sismici registrati nel proprio passato.



**FIGURA 12 – MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE REGISTRATE IN LOMBARDIA (I.N.G.V.)**

Dalla consultazione del Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani per località (DBMI04) sono emerse diverse osservazioni relative al Comune di Ostiglia.

La storia sismica dell'areale di Ostiglia è segnalata a partire dall'anno 1695, con area epicentrale nell'Asolano (MN) che rappresenta anche l'evento di intensità massima registrato; tra gli ultimi eventi sismici va segnalato il terremoto molto più recente del 29 Aprile 1986 con area epicentrale in Valfabbrica/Gubbio, nella zona appenninica umbra.



**TABELLA 3 – STORIA SISMICA DI OSTIGLIA (MN)**

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	Area epicentrale	Io	Mw
5	1695	02	25	05	30		Asolano	9-10	6.61
5	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	8	5.67
4-5	1806	02	12				NOVELLARA	7	5.26
3-4	1811	07	11	22	44		SASSUOLO	7	5.24
4	1895	04	14	22	17		Slovenia	8	6.25
3	1898	03	04				CALESTANO	6-7	5.07
5	1907	04	25	04	52		BOVOLONE	6	4.94
5	1909	01	13	00	45		BASSA PADANA	6-7	5.53
5-6	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
3	1919	06	29	15	06	13	Mugello	9	6.18
3	1930	10	30	07	13		SENIGALLIA	9	5.94
4-5	1971	07	15	01	33	23	Parmense	7-8	5.61
4	1972	10	25	21	56		PASSO CISA	5	4.95
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10
NF	1984	04	29	05	02	59	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.68
NF	1986	12	06	17	07	19	BONDENO	6	4.56
5	1987	05	02	20	43	53	REGGIANO	6	5.05
NF	1998	03	26	16	26	17	APPENNINO UMBRO-MARCH.	6	5.33

Tutti gli eventi documentati negli ultimi 1000 anni non hanno mai superato nel territorio indagato un valore di Is di 6, ovvero VI° della scala MS, anche se nelle rispettive zone epicentrali questi effetti sono stati abbondantemente superati.

Dall'esame della Tabella 3, si osserva che gli epicentri dei terremoti storici selezionati ricadono in sette casi (su diciotto terremoti di riferimento) nella zona sismogenetica ZS 912, suddivisi tra il margine appenninico-padano, con magnitudo compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e l'arco della dorsale ferrarese, caratterizzato da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5).

La recente pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche; tale zonazione viene definita ufficialmente **ZS9**.

Rispetto alle zonazioni precedenti, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgenti.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di

attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fogliazione prevalente.

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, identificate da un numero che va da 901 a 936, che presentano limiti di colorazione nera e blu; i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile di formativo ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

Il territorio comunale di Ostiglia non è compreso in alcuna zona sismogenetica; tuttavia, risulta abbastanza prossima alla zona sismogenetica 912, identificata come Dorsale Ferrarese.

La zona 912 rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. Al di sotto delle spesse coltri di sedimenti sciolti alluvionali è presente un sistema roccioso, orogeneticamente legato alla catena appenninica, fagliato da diverse ed importanti linee sismotettoniche, la cui genesi è riconducibile alle forze compressive che da sudovest spingono verso nordest.

Nella zona 912 i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia evidenziano che in questi anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata sia stata di 4,6 Md, la profondità efficace di 7 km e che la maggior parte dei terremoti che si verificano, hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento con funzioni dissipative delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area, a causa delle azioni compressive sopra citate.

## **8. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**

### **8.1. Risposta sismica locale – Generalità**

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto, gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: **quelli di sito o di amplificazione sismica locale** e quelli dovuti ad **instabilità**.

- **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale**; interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono

rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti vengono distinti in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- a) **gli effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra il campo d'onda incidente e quello rifratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
  - b) **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza tra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza tra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.
- **Effetti di instabilità;** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generali da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

## **8.2. Procedura di microzonazione sismica in Regione Lombardia – Redazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale**

Per la definizione degli scenari di rischio di pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla metodologia riportata nell'allegato 5 della citata D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008. Le procedure di seguito descritte e messe in pratica, sostituiscono di fatto la metodologia di analisi riportata in un precedente studio dal titolo “*Determinazione del rischio sismico in Lombardia (1996)*”, inserito come

uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali. La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale prevede tre livelli approfondimento (FIGURA 13) con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione.

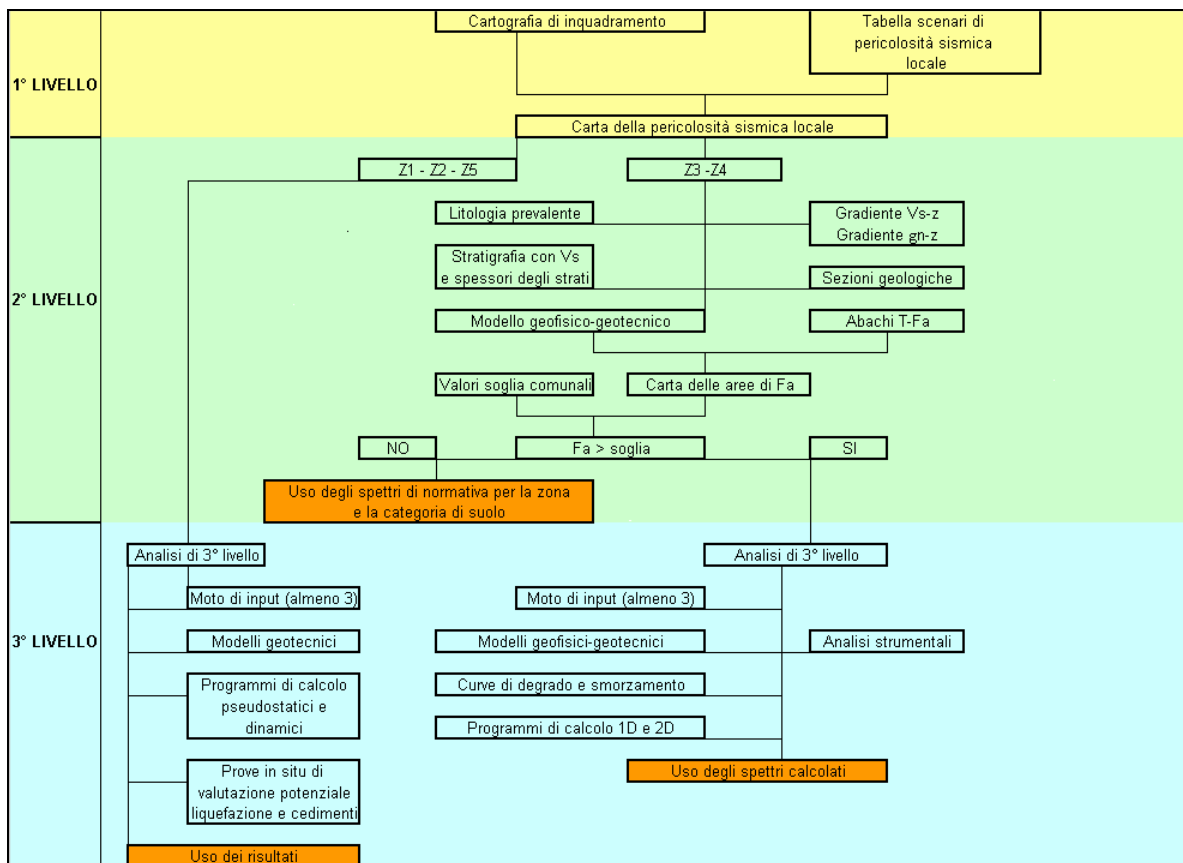


FIGURA 13 - DIAGRAMMA DI FLUSSO DEI DATI NECESSARI E PERCORSI DA SEGUIRE NEI TRE LIVELLI DI INDAGINE

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° Livello Fase pianificatoria	2° Livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
Zona sismica 2 - 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° Livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale.</li> <li>- Nelle Zone PSL Z1 e Z2</li> </ul>
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° Livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale.</li> <li>- Nelle Zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici rilevanti</li> </ul>

TABELLA 4 – LIVELLI DI APPROFONDIMENTO DELLO STUDIO IN RELAZIONE DELLA ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

I tre livelli di apprendimento possono essere sintetizzati come segue:

1° Livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10.000 e 1: 2.000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già sciolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovra consolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali). Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 – 1: 2.000 rappresentata dalla carta della pericolosità sismica locale, derivata dalle precedenti cartografia di inquadramento e in cui è riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti locali (scenari di pericolosità sismica locale). Sulla base degli scenari individuati si determina una classe di pericolosità sismica ed il corrispondente livello di approfondimento necessario (TABELLA 5).

**TABELLA 5 – CLASSI DI PERICOLOSITÀ PER OGNI SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

2° Livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, in grado di fornire la stima della risposta dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad esempio i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti dalla zona 2).

Il secondo livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli ambiti a Pericolosità sismica locale Z3 e Z4 (tabella 1 dell'Allegato 5), individuate attraverso il 1° livello, se interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione delle aree già riconosciute inedificabili, e, nelle zone sismiche 4, solo per edifici strategici e rilevanti (cfr. elenco di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° Livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Consiste in un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri e accelerometri).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico, basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo; è, inoltre, necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o accelerogrammi.

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'Allegato 5 della D.G.R. citata.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (Zone 3 e Zona 4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

L'esito dello studio è stato quello di riportare nella carta di fattibilità le aree caratterizzate da effetti di instabilità, e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse. Tale sovrapposizione non comporta un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 Gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare in via preventiva gli studi di 3° livello.

### **8.3. Analisi della pericolosità sismica: applicazione al territorio comunale di Ostiglia**

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4, come Ostiglia, è obbligatorio, in fase di pianificazione, il 1° Livello di approfondimento, mentre il 2° Livello risulta obbligatorio solo nel caso in cui siano stati individuati, con l'applicazione del 1° Livello, aree suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche Z3 e litologiche Z4., interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione di quelle considerate inedificabili per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative.

Per tali comuni, deve essere applicato solo alle costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. 14964/2003 e della d.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo alle altre categorie di costruzioni.

Il 3° Livello è obbligatorio in fase di progettazione sia quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Come detto il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stia progettando opere il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, socialmente essenziali.

### **8.3.1. Analisi di 1° livello (fase pianificatoria)**

Il primo livello prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento generale), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (scala 1:10.000 – 1: 2.000), nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella TABELLA 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – P.S.L.).

La carta di 1° livello rappresenta un documento conoscitivo fondamentale, di cui si dovrà tenere conto nell'ambito del Piano di Governo del Territorio durante la fase di azionamento e revisione della diversa destinazione d'uso del territorio.

Per il territorio comunale di Ostiglia, al fine di ottemperare alla compilazione della documentazione necessaria all'analisi di primo livello e quindi con lo scopo di definire le condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.) si sono consultate:

- cartografie topografiche di dettaglio;
- cartografia tematica regionale;
- risultati di indagini geognostiche e geotecniche pregresse;
- risultati di indagini in sito eseguite per il presente studio;
- stratigrafie (da sondaggi e pozzi per acqua) e sezioni geologiche;
- cartografia di analisi e inquadramento allegata al presente studio geologico ed idrogeologico; in particolare sono state analizzate:
  - carta litologica con elementi pedologici in scala 1:10.000;
  - carta geomorfologica in scala 1:10.000;
  - carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi in scala 1:10.000.

Dal precedente elenco si evidenzia che, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito del primo livello di approfondimento non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Tuttavia, per meglio dettagliare le analisi in corrispondenza di alcune aree in cui non erano disponibili dati significativi, è stata predisposta una campagna di indagine geofisiche ad hoc,



costituita da prove sismiche dirette basate sulla misura del rumore sismico ambientale (microtremori); in particolar modo, le indagini geofisiche che hanno interessato quattro diversi ambiti territoriali urbanizzati e urbanizzabili, sono state realizzate anche in funzione degli approfondimenti di secondo livello.

Pertanto, lo studio è consistito nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 rappresentata dalla "*Carta della pericolosità sismica locale*", derivata dalle precedenti carte di base, in cui è stata riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni-tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Gli studi effettuati hanno evidenziato che in Comune di Ostiglia sono stati riconosciuti gli scenari di pericolosità sismica locale Z2 e Z4a così come definiti nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della D.G.R. 7374/2008:

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI	CLASSE DI PERICOLOSITÀ SISMICA
<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 – livello di approfondimento 3°
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali coesivi e granulari	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 – livello di approfondimento 2°

**TABELLA 6 – P.S.L.: SCENARI, EFFETTI, CLASSI DI PERICOLOSITÀ**

Sulla Cartografia di approfondimento TAVOLA 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE, in scala 1:10.000, oltre alla ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite in sito, sono state perimetrate le aree con gli scenari sismici riconosciuti.

Ad ognuno dei due scenari di pericolosità sismica locale, così come indicato nella D.G.R. n. 8/7374 – Allegato 5 – Tabella 2, può essere associata la classe di pericolosità sismica bassa (H2), così come definito nella medesima deliberazione.

### **Scenario di Pericolosità Sismica Locale Z2**

Ricadono in tali aree i terreni classificati come "simicamente instabili" che, a seguito dello sforzo di taglio indotto dall'azione sismica, possono dare luogo a cedimenti differenziali della struttura per improvvisa densificazione del materiale insaturo oppure a fenomeni di liquefazione per una perdita nella resistenza la taglio di un materiale saturo a causa di un aumento istantaneo delle pressioni interstiziali, con conseguente fluidificazione che portano a situazioni di instabilità più o meno gravi.

L'analisi e la distribuzione areale di queste due tipologie di fenomeni che potrebbero insorgere all'interno del territorio comunale in conseguenza di una sollecitazione sismica è stata effettuata sulla

base delle osservazioni geologiche e litologiche e sulla raccolta di dati disponibili quali risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, necessarie per definire le condizioni locali.

Rientrano nella classe di terreni “simicamente instabili”, le aree golenali, le aree paludose, la fascia delimitata dall’argine maestro e la S.S. n° 482 tra gli abitati di Ostiglia e Correggioli, alcune zone poste immediatamente a sud del Canalbiano in corrispondenza della località Lo Zuccone, tra cui si segnalano quelle in zona artigianale-industriale e all’interno del Comparto produttivo Canalbiano, le aree adiacenti ai laghetti con falda emergente posti in località San Romano.

In questa zona risultano presenti terreni prevalenti sabbiosi con bassa soggiacenza della falda o possibilità di falde sospese, depositi di palude o limo-argillosi con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti e/o altamente compressibili.

Pertanto, ai sensi della D.G.R. 7374/2008, considerate le caratteristiche litologiche e idrogeologiche precedentemente descritte, viene attribuito alle zone individuate lo scenario di rischio di pericolosità Z2.

Dal 1° livello di approfondimento della fase pianificatoria, nelle zone di scenario Z2, si passa direttamente al 3° Livello della fase progettuale.

Per le aree incluse nello scenario Z2 dal 1° Livello di approfondimento, si passa direttamente al 3° Livello, ma solo in fase progettuale, purché le stesse non siano già considerate inedificabili.

Non si è ritenuto di dover rappresentare in TAVOLA 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE le zone ricadenti nella fascia A e B del P.A.I. poiché soggette a vincolo di in edificabilità.

#### **Scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a**

Ricadono in tali aree i terreni classificati come “simicamente stabili” che, in seguito a sollecitazioni sismiche, sono sede di effetti di amplificazione sismica legati alle particolari caratteristiche litologiche del sito (amplificazione litologica).

I fattori che influenzano l’amplificazione del moto sismico in superficie sono la risonanza, che si ha quando le frequenze del moto sismico sono prossime alle frequenze di risonanza dei sedimenti, e l’effetto di “intrappolamento” delle onde sismiche all’interno del deposito sedimentario, favorito dal contrasto di impedenza tra sedimenti e bedrock.

Nel caso di valle alluvionale, i fattori che influenzano l’amplificazione del moto sismico in superficie sono la focalizzazione delle onde sismiche in aree prossime al bordo-valle e la genesi di onde superficiali per incidenza di onde sull’interfaccia obliqua roccia-sedimento al bordo della valle.

Da colloqui intercorsi con Regione Lombardia, in merito ad alcuni dubbi inerenti la possibile assimilazione della Pianura Padana al concetto di zona di fondovalle, seppur ampia, è risultato effettivamente come l’ente regionale suggerisca di considerare la pianura mantovana parte integrante dell’immenso fondovalle costituito dalla Pianura Padana (PSL Z4a).

Qualora non vi sia una sovrapposizione tra l’area in PSL Z4a con altre zone PSL che rimandino direttamente al 3° livello di approfondimento (in fase progettuale), è dunque necessario procedere

all'analisi semi-quantitativa di 2° livello che deve essere effettuata obbligatoriamente nelle aree urbanizzate e/o nelle aree di espansione urbanistica in cui sono ipotizzabili edifici strategici e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 e secondo l'elenco tipologico di cui al D.d.u.o. n. 19904/03.

In alternativa, è concesso in fase progettuale di utilizzare lo spettro di risposta appartenente ad una classe di pericolosità sismica superiore (la III<sup>a</sup> classe nel caso del Comune di Ostiglia).

### **8.3.2. Analisi di 2° livello (fase pianificatoria)**

La procedura di 2° livello consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione ( $F_a$ ); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e in funzione del valore di  $F_a$ .

Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di  $F_a$  per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

Conseguentemente ai risultati del primo livello di pianificazione, si è proceduto all'applicazione del 2° livello di indagine, attraverso la valutazione dei parametri necessari per la procedura semiquantitativa.

La procedura ha richiesto, con diverso grado di precisione, la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle  $V_s$  con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità  $V_s$  e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento.

In funzione dello spessore e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del fattore di  $F_a$  negli intervalli 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore agli 800 m/s, utilizzando la seguente relazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V s_i$  sono lo spessore e la velocità delle onde S nello strato  $i$ -esimo individuato nel sottosuolo, fino alla profondità a cui tale velocità raggiunge o supera 800 m/s.

Il valore di  $F_a$ , approssimato alla prima cifra decimale, è utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato fornito per il Comune di Ostiglia per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro fornito dalla norma per il Comune di Ostiglia rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di  $V_s$ , utilizzati nella procedura di 2° livello è stata opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato è stato assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella indicata nelle norme tecniche.

Si sottolinea come per lo studio in oggetto l'attendibilità dei dati (litologici, stratigrafici e geofisici) sia sempre stata da "media" ad "alta".

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici ( $V_s$ )	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta*	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)
* nelle aree di futuro sviluppo urbanistico		

**TABELLA 7** – LIVELLI DI ATTENDIBILITÀ DA ASSEGNARE AI RISULTATI OTTENUTI DALL'ANALISI

Al fine di verificare, seppur puntualmente, le caratteristiche geofisiche inerenti il sottosuolo del territorio indagato, è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche, consistite nella rilevazione del rumore sismico ambientale mediante tromometro digitale; inoltre, le indagini geofisiche hanno permesso di conoscere gli spessori delle unità presenti nei primi 30 metri e della velocità delle onde S nei primi 30 metri, consentendo di definire la  $V_{s30}$ . Ai sensi della normativa regionale vigente, le suddette prove sono state realizzate in quattro differenti siti, rappresentativi dell'intero territorio comunale (TABELLA 8); i rispettivi *report* sono allegati alla presente relazione.

Ambiti territoriali	Coordinate geografiche	$V_{s30}$	Categoria sismica del suolo
Area di Trasformazione b	x = 11°07.5555 E y = 45°04.5899 N	236 m/s	C
Area di trasformazione f	x = 11°08.4109 E y = 45°04.3503 N	230 m/s	C
Area di trasformazione h	x = 11°05.0535 E y = 45°03.8794 N	202 m/s	C
Comparto produttivo Canalbianco	x = 11°08.7252 E y = 45°05.4244 N	250 m/s	C

**TABELLA 8** – CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO DERIVANTE DALLE PROVE GEOFISICHE

Le indagini eseguite permettono di inserire gli ambiti territoriali esaminati, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, nella categoria di suolo di fondazione denominata **categoria C**, definita come *“Depositi di sabbie mediamente addensate ed argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec”*. Ai fini dell'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, oltre ad adottare il parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima) si dovrà tener conto di un fattore **S** che scaturisce dal **profilo stratigrafico** del suolo di fondazione, il cui valore è **S = 1,25**.

Per determinare T (periodo proprio del terreno) per ciascun ambito sono stati innanzitutto esaminati i profili delle Vs con la profondità, ottenuti dalle indagini geofisiche; dall'andamento velocità-profondità, è stato ottenuto il periodo proprio T (s) dei siti indagati (TABELLA 9).

Ambiti territoriali	Periodo (T)
Area di Trasformazione b	1,85 s
Area di trasformazione f	1,89 s
Area di trasformazione h	1,87 s
Comparto produttivo Canalbianco	1,95 s

**TABELLA 9** – PERIODO PROPRIO DEL TERRENO PER I SITI INDAGATI

### 8.3.3. Valutazione dei fattori di amplificazione litologica e geometrica

Poiché lo scenario di pericolosità sismica locale prevede per il territorio comunale di Ostiglia possibili effetti di amplificazione sismica di tipo litologico (Z4a), per la determinazione del fattore di amplificazione  $F_a$  si è scelta una scheda di valutazione tra quelle relative a questa condizione, verificando in primo luogo che la relazione velocità-profondità rientrasse tra quelle comprese nel campo di validità associato a ciascuna scheda e, in secondo luogo, che le litologie in sito fossero compatibili con quelle indicate nella scheda stessa.

La scheda che meglio si avvicina alle caratteristiche geofisiche riscontrate è la Scheda Litologia Sabbiosa, riportata in TABELLA 11 (cfr. Allegato 5 della D.G.R. 8/7374 del 28.05.2008).

La scelta delle curve di correlazione  $T/F_a$  all'interno della scheda di valutazione è avvenuta tramite l'individuazione dello spessore e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, che ha portato a selezionare la curva 2.

I valori di  $F_a$  ottenuti dalla scheda di valutazione devono essere confrontati con i parametri di analogo significato calcolato per ciascun comune della Lombardia, valido per ciascuna zona sismica (Zone 2,3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazione litologiche (Categorie di Suolo B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,5 secondi.

Per il Comune di Ostiglia i valori di soglia, oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito, riportati nella banca dati in formato .xls (soglie\_lomb.xls), sono stati fissati come segue (TABELLA 10):

**TABELLA 10**

<b>Valori di soglia per il periodo compreso tra 0,1-0,5 s</b>					
COMUNE	CLASSIFICAZIONE	VALORI SOGLIA			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
Ostiglia	ZONA 4	1.4	1.7	202	1.8
<b>Valori di soglia per il periodo compreso tra 0,5-1,5 s</b>					
COMUNE	CLASSIFICAZIONE	VALORI SOGLIA			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
Ostiglia	ZONA 3	1.7	2.3	3.9	2.9

## TABELLA 11

### EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

#### PARAMETRI INDICATIVI

##### GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

##### NOTE:

Comportamento granulare

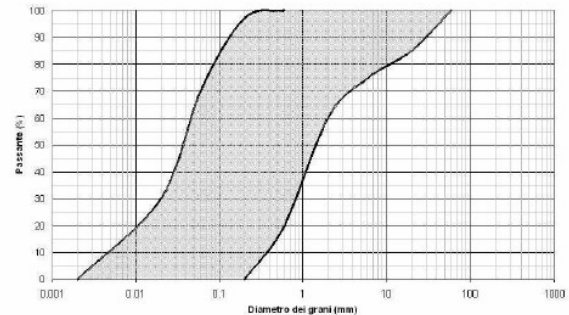
Struttura granulo-sostenuta

Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%

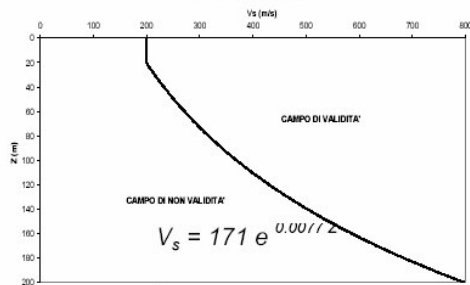
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

#### FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



#### ANDAMENTO DELLE $V_s$ CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA



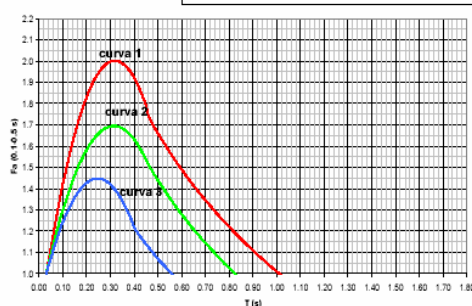
		Profondità primo strato (m)																	
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

ove  
la sigla NA indica  $F_a = 1$

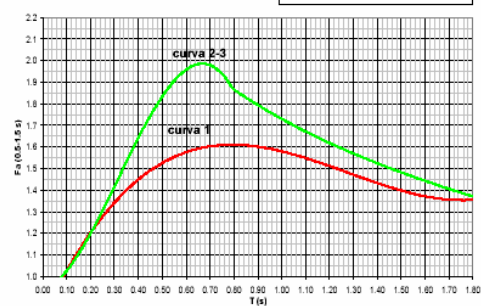
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s

#### Correlazione T - $F_a$ (0.1-0.5 s)



#### Correlazione T - $F_a$ (0.5-1.5 s)



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.1-0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 \leq T \leq 1.00$ $F_{a(0.5-1.0)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(1.0-1.8)} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.1-0.5)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 \leq T \leq 0.80$ $F_{a(0.5-0.8)} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.8-1.8)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.1-0.5)} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 \leq T \leq 0.55$ $F_{a(0.5-0.55)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a(0.55-1.8)} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5-1.8)} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a(0.5-1.8)} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5-1.8)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Nella tabella seguente (TABELLA 12) sono riportati per ciascun punto di indagine, i fattori di amplificazione  $F_a$  calcolati:

**TABELLA 12 – FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA CALCOLATI**

<b>Ambiti territoriali</b>	<b><math>F_a</math> <sub>(0,1-0,5 s)</sub> calcolato</b>	<b><math>F_a</math> <sub>(0,5-1,5 s)</sub> calcolato</b>
Area di Trasformazione b	<b>1,00</b>	<b>1,35</b>
Area di trasformazione f	<b>1,00</b>	<b>1,34</b>
Area di trasformazione h	<b>1,00</b>	<b>1,35</b>
Comparto produttivo Canalbianco	<b>1,00</b>	<b>1,35</b>

I valori di  $F_a$  ottenuti per l'area comunale di Ostiglia risultano minori al valore soglia assegnato dalla Regione Lombardia alla categoria di suolo corrispondente "C"; ne consegue che il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica.

#### **8.3.4. Analisi di 3° livello (fase progettuale)**

A seguito di quanto indicato in precedenza, il terzo livello si dovrà applicare in fase progettuale, agli scenari qualitativi suscettibili di cedimenti e/o liquefazioni (Z2).

Si ricorda che il terzo livello è sempre obbligatorio nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

I risultati delle analisi di terzo livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.



## **9. CARTA DEI VINCOLI (TAVOLA 6 – Scala 1:10.000)**

La fase di sintesi e di valutazione ha previsto l'individuazione delle limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto esclusivamente geologico, paesaggistico e ambientale, rappresentata cartograficamente nella CARTA DEI VINCOLI di TAVOLA 6, in scala 1:10.000

In detta carta, estesa all'intero territorio comunale di Ostiglia, sono stati distinti i seguenti vincoli:

### **9.1. Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89**

Il territorio comunale di Ostiglia appartiene in parte al “distretto idrografico padano” e quindi al bacino del Po ed in parte al “distretto idrografico delle Alpi Orientali” ed in particolare al bacino del Fissero-Tartaro-Canalbianco. Nelle more di approvazione dei piani di bacino distrettuale, previsto dal D.Lvo 152/2006, restano vigenti i Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e i due bacini.

Nella parte compresa nel bacino del Po sono vigenti quindi i vincoli idraulici del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po n. 18/2001 del 26.04.2001.

Pertanto, in base alla L. 183/1989 ed alla D.G.R. 11.12.2001 N. 7/7365 (attuazione del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Po in campo urbanistico), il Comune ha l'obbligo di adeguare lo strumento urbanistico con le seguenti operazioni:

- delimitazioni delle Fasce Fluviali;
- recepimento, nelle Norme tecniche di Attuazione dello strumento urbanistico comunale, delle Norme di Attuazione del P.A.I. riguardanti le fasce Fluviali ed in particolare quanto stabilito dagli Artt. 29 – 30 – 32 – 38 – 38bis – 38ter e 39 per le Fasce A e B, l'Art. 31 per la Fascia C e l'Art. 41 per le attività estrattive;
- modifica delle previsioni dello strumento urbanistico comunale in contrasto con la delimitazione delle fasce Fluviali del P.A.I. e con le relative Norme del P.A.I.

Sulla TAVOLA 6 – CARTA DEI VINCOLI, sono stati individuati, secondo le modalità stabilite dalla D.G.R. 7365/2001, i limiti delle Fasce Fluviali del P.A.I., ripresi dall'Elaborato n. 8 – TAVOLE DI DELIMITAZIONI DELLE FASCE FLUVIALI, Foglio 166 - Legnago (scala 1:25.000), ovvero:

- **limite esterno della FASCIA A - fascia di deflusso della piena;**
- **limite esterno della FASCIA B - fascia di esondazione;**
- **limite esterno della FASCIA C - fascia di inondazione per piena catastrofica.**

Nelle situazione in cui la fascia A e B coincidono, è stato indicato sulla CARTA DEI VINCOLI solo il limite della fascia B, ma valgono le norme previste per la fascia A.

Il limite esterno della fascia C, secondo quanto previsto dalla cartografia di piano di Assetto Idrogeologico, corre parallelamente all'argine maestro ad una distanza di 150 metri.

Nella parte compresa nel bacino Fissero Tartaro Canal Bianco sono vigenti i vincoli idraulici del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), adottato con Delibera del Comitato Istituzionale del 12.04.2002. Pertanto il Comune provvede ad adeguare gli atti di programmazione e pianificazione alle prescrizioni del P.A.I., secondo quanto disposto dall'Art. 17, comma 4, della legge 183/1989.

In particolare nel Comune di Ostiglia non sono state delimitate aree di pericolosità idraulica e di rischio idraulico del bacino, ma sono presenti "Fasce di tutela idraulica" lungo i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale ai sensi della L.R. 1/2001, Art. 3, comma 108, lettera i).

Le fasce di tutela idraulica, definite dall'art. 9 del P.A.I., hanno una larghezza di 10 metri dalla sponda del corso d'acqua e interessano il Fissero Tartaro Canal Bianco, Busatello Cavo, Acque Basse Collettore, Canameletto, Fossetta di Ostiglia. Queste fasce di tutela coincidono con le fasce di rispetto istituite dalla D.G.R. 25.01.2002 n. 7/7868, successive modifiche e integrazioni, che riprende il R.D. 523/1904.

## 9.2. Vincoli di polizia idraulica

Le norme fondamentali che hanno disciplinato per decenni l'utilizzazione delle acque e la tutela dei corsi d'acqua possono essere individuate in alcuni articoli del Codice Civile che disciplinano l'uso delle acque in regime di diritto privato, nel R.D. 523/2004 che disciplina le attività di Polizia Idraulica sui corsi d'acqua pubblici, nel R.D. 368/1904 che disciplina le attività di Polizia Idraulica sui canali di bonifica, nel R.D. 1775/1993 che disciplina l'utilizzo delle acque in regime di diritto pubblico.

La Regione Lombardia, sulla base di quanto disposto dalla D.G.R. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e dalla successiva D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950, parzialmente annullata dalla Sentenza 91/04 datata 23 giugno 2004 del Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche, individua i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale oppure al Reticolo Idrico di competenza dei Consorzi di Bonifica, e stabilisce i criteri per l'individuazione di corsi d'acqua appartenenti al Reticolo idrico Minore.

Il Reticolo Idrografico Principale e del Consorzio di Bonifica è tutelato ai sensi della normativa vigente; sui corsi d'acqua del reticolo idrico principale (Allegato A della D.G.R. 25.01.2002 n. 7/7868 e Allegato A della D.G.R. 01.08.2003 n. 7/13950) e dei corsi d'acqua gestiti dal Consorzio di Bonifica competente, cioè su tutte le acque pubbliche, così come definite dalla Legge 36/94 e relativo regolamento, in attesa che il Comune di Ostiglia si doti dello studio "*Individuazione del reticolo idrografico principale e minore - Criteri per l'esercizio dell'attività di polizia idraulica*", valgono le disposizioni di cui al R.D. 523/1904 e in particolare **la definizione di una fascia di rispetto e il**

**divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri da ambedue le sponde o dal piede degli argini**, salvo deroghe previste dalle norme urbanistiche vigenti a livello comunale.

Le Linee Guida di Polizia Idraulica contenute nel D.D.G. n. 8943/2007 riassumono le competenze degli Enti deputati allo svolgimento dell'attività di polizia Idraulica, i lavori e gli atti vietati, i lavori e le opere soggetti a concessione e le linee guida per il rilascio delle concessioni.

Per i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo minore di competenza comunale, che verrà successivamente individuato secondo i contenuti dell'Allegato B della D.G.R. 13950/2003, sono previste, salvo situazioni particolari, fasce di rispetto della larghezza di 4-5 metri.

Anche sui corsi d'acqua del Reticolo Idrico Minore valgono le Linee Guida di Polizia Idraulica contenute nel D.D.G. n. 8943/2007.

### **9.3 Vincoli ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42**

I *"Fiumi, torrenti e corsi d'acqua pubblici e relative sponde"*, conosciuti come Vincolo 431/85, art. 1, lettera c) cosiddetto Galasso, sono oggi identificati dal D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, "Codice dei beni culturali e del paesaggio".

L'art. 142, comma 1, lettera c) del suddetto Decreto Legislativo definisce infatti come oggetto di tutela e valorizzazione per il loro interesse paesaggistico: *"i fiumi, torrenti, ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna"*.

Si ritiene importante sottolineare che il D.Lgs. 42/04 ricomprende i contenuti della L. 1497/39 (abrogata dal D. Lgs. 490/99), lasciando inalterate le tipologie di beni tutelati. Nella norma di tutela di *"fiumi, torrenti e corsi d'acqua pubblici e relative sponde"* vengono tutelati non solo le sponde o il piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna, ma anche l'intero corso d'acqua.

La Regione Lombardia in attuazione dell'art. 1-quater della legge 431/85, ha individuato, con deliberazione della Giunta Regionale n. 4/12028 del 25 luglio 1986 e successive integrazioni, i corsi d'acqua pubblici lombardi aventi rilevanza paesaggistica e conseguentemente assoggettati a specifico vincolo ex art. 142, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 42/04, nonché quei corsi d'acqua, o tratti degli stessi, per i quali è stata dichiarata l'irrilevanza paesaggistica e che risultano pertanto esclusi dal suddetto vincolo.

Per l'esatta individuazione della fascia dei 150 metri del vincolo, si ritiene che, secondo quanto sostenuto anche da giurisprudenza di merito (Pretura di Cremona, 24 settembre 1990, pubblicata su Rivista Giuridica dell'Edilizia, 1991), *"le fasce laterali ai fiumi, per la lunghezza di 150 metri, vanno calcolate con riferimento alla delimitazione effettiva del corso d'acqua, cioè a partire dal ciglio di*

*sponda, o dal piede esterno dell'argine, quando quest'ultimo espliciti una funzione analoga alla sponda nel contenere le acque di piena ordinaria."*

Nel Comune di Ostiglia sono presenti tre corsi d'acqua naturali sottoposti al presente vincolo:

- MN001 – Fiume Po;
- MN056 – Fissero Tartaro Canal Bianco;
- MN044 – Busatello Cavo.

Si segnala che il D.M. 24 gennaio 1967, sostituito dal D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, ha dichiarato quale sito di notevole interesse pubblico, la Località di Ponte Molino, ai sensi della L. 1497/1939 sulla protezione delle bellezze naturali.

#### **9.4 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**

Nell'area golenale del centro abitato di Ostiglia, si riscontra la presenza di un campo pozzi pubblici ad uso idropotabile, non più utilizzato ma ancora attivo essendo collegato alla centrale locale di potabilizzazione e distribuzione.

I vincoli di tutela riguardanti i pozzi pubblici sono stati stabiliti nel D.Lgs. 18 agosto 2000 n. 258 – art. 5 “Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate a consumo umano”, che sostituisce in toto l'art. 21 del D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152.

Ai sensi del suddetto articolo nell'intorno dei pozzi riscontrati sono individuate una zona di tutela assoluta con raggio di 10 m e una zona di rispetto avente raggio di 200 m (criterio geometrico).

Le norme relative alle zone di tutela assoluta e di rispetto devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693 “Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del D.Lgs. 152/1999 e successive modificazioni.

#### **9.5 Vincoli naturalistici**

Si tratta di aree sottoposte a norme e tutele di salvaguardia della legislazione vigente regionale, statale e internazionale riconosciute come Parchi, Riserve, Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.) e Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) presenti nel territorio comunale.

Tali aree e le normative contenenti i limiti al loro utilizzo, nonché i regimi autorizzatori, sono stati recepiti dal **P.T.C.P. negli Indirizzi Normativi all'Art. 21.**

Nel territorio comunale di Ostiglia sono assunte dal P.T.C.P. in qualità di risorse sottoposte a norme e tutela di salvaguardia dalla legislazioni vigente:

1. **Riserva naturale Isola Boschina, Riserva naturale Paludi di Ostiglia** , intesi come areali di elevato pregio tutelati come riserve naturali ai sensi dell'articolo 2 della L. 394/91 e dell'articolo

della L.R. 86/83 e le relative aree di rispetto; si tratta di aree riconosciute come Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.) della Rete Natura 2000 ai sensi della Direttiva CEE 79/409;

2. **Riserva naturale Isola Boschina e Riserva naturale Palude di Ostiglia**, intese come areali di elevato pregio naturalistico e le relative aree di rispetto proposti come Siti d'Importanza Comunitaria (S.I.C.);
3. **Parco Locale di Interesse Sovracomunale (P.L.I.S.)** in un'area di golena lungo un tratto di sponda del Po in corrispondenza dei comuni Sustinente, Serravalle A Po, Pieve di Coriano e Ostiglia;
4. **Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.)** denominata “**Viadana, Portiolo, San Benedetto Po e Ostiglia**”, ai sensi della direttiva 79/409/CEE, compresa interamente in Fascia A del P.A.I.;
5. i corsi d'acqua naturali e artificiali vincolati ai sensi dell'Art. 142 del D.Lgs. 42/2004, iscritti nell'elenco di cui alla D.G.R. n. 4/12028 del 25.07.1986, quali il **Fiume Po, Busatello Cavo** e il **Canale Fissero-Tartaro-Canalbianco**.

## 9.6 Elementi introdotti dal P.T.C.P.

Oltre alle risorse sottoposte a norme e tutele di salvaguardia della legislazione vigente Europea, Nazionale e Regionale, il P.T.C.P. individua alcuni elementi di rilevante interesse paesistico-ambientale e stabilisce specifici Livelli prescrittivi che non possono essere contraddetti dalla pianificazione comunale.

Nel territorio comunale sono presenti i seguenti Livelli prescrittivi:

- dossi fluviali (Livello prescrittivo 3)
- primo livello della rete ecologica (Livello prescrittivo 3);
- aste della rete dei canali di matrice storica (Livello prescrittivo 3).

### **Dossi fluviali (Livello prescrittivo 3)**

Secondo gli Indirizzi Normativi del P.T.C.P., i dossi fluviali, in quanto emergenze morfologico-naturalistiche evocative del paesaggio originario, costituiscono elementi di rilevante interesse paesistico-ambientale; pertanto, non sono consentiti interventi e trasformazioni che alterino la morfologia, l'acclività e la naturalità di tali strutture morfologiche; ogni intervento di tipo infrastrutturale dovrà essere accompagnato da uno Studio di compatibilità paesistico-ambientale.

Nel territorio comunale di Ostiglia è indicato quale elemento di rilevante interesse paesistico-ambientale il dosso fluviale di Correggioli-Comuna Bellis.

### **Primo livello della rete ecologica provinciale (Livello prescrittivo 3)**

Il P.T.C.P. individua come obiettivo strategico la valorizzazione ambientale di tre ambiti territoriali che costituiscono il riferimento per la creazione della rete ecologica provinciale (Art. 26 degli Indirizzi Normativi). Nel territorio comunale di Ostiglia il primo livello della rete ecologica provinciale collega il nodo della riserva naturale delle Paludi di Ostiglia con il fiume Po.

### **Aste della rete dei canali di matrice storica (Livello prescrittivo 3)**

Si tratta degli elementi della rete idrica cui il piano riconosce come “corsi d’acqua amatrice storica”, la cui trasformazione comporterebbe la perdita dell’identità paesistica degli ambiti agricoli (Art. 27 degli Indirizzi Normativi).

Nel territorio di Ostiglia sono stati indicati: Canale Fissero-Tartaro-Canalbianco, Canale Canameletto, Cavo Madama, Dugale Nuovo, Dugale Comuna Bellis, Fiume Tione, Fossa Busatello, Fosso Ostiglia, Fosso Pilone, Fosso Tartarello.

Ai sensi dell’Art. 27 degli indirizzi normativi del P.T.C.P., il P.G.T. deve prevedere una fascia di salvaguardia della loro identità, le indicazioni per la loro tutela e salvaguardia.

La fascia di salvaguardia della loro identità, per quelli che non sono già interessati dal vincolo paesaggistico, è pari a 150 metri su entrambe le sponde come previsto dal D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 (ex L. 431/85), ma solo se sono compresi nella rete ecologica di primo e secondo livello (Fissero-Tartaro-Canalbianco).

Su tutti i canali di matrice storica vige l’obbligo della redazione di uno “Studio di compatibilità paesistico-ambientale” nel caso in cui vengono proposti interventi di carattere infrastrutturali interessanti gli stessi corsi d’acqua (Art. 32 degli Indirizzi Normativi del P.T.C.P.).

## **9.7 Aree di valore paesaggistico e ambientale a spiccata connotazione geologica (Geositi)**

Il Piano Paesaggistico Regionale, approvato dalla Giunta Regionale con Deliberazione 16 gennaio 2008, n. 8/6447, ha introdotto i geositi come nuova categoria di tutela e valorizzazione del territorio (art. 22 dell’articolato normativo di Piano).

L’elenco dei geositi contenuto nell’Allegato 14 della D.G.R. 8/7374, evidenzia nel territorio comunale di Ostiglia la presenza del sito di valore naturalistico denominato “Palude di Ostiglia”, con livello territoriale di interesse di tipo regionale.

## **10. CARTA DI SINTESI (TAVOLA 7 – Scala 1:10.000)**

### **10.1. Premessa**

La Carta di Sintesi è uno strumento che ha lo scopo di rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

Sulla base dei risultati emersi durante la precedente fase di inquadramento ed analisi, sono state individuate aree poligonali che presentano caratteristiche omogenee in funzione del fenomeno che le caratterizza; nel caso specifico, è stata effettuata una suddivisione del territorio basata principalmente sulla vulnerabilità idrogeologica, sulla vulnerabilità idraulica, sulle caratteristiche geotecniche e sul regime di tutela del paesaggio a cui sono sottoposte le aree di intervento.

La sovrapposizione di più ambiti di pericolosità/vulnerabilità ha individuato poligoni misti, definiti da più fattori limitanti.

L'obiettivo del presente elaborato è quello di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio funzionale alle valutazioni diagnostiche ed al successivo giudizio di fattibilità delle azioni di piano.

Nel presente studio, la Carta di Sintesi, redatta, per l'intero territorio comunale, a scala 1:10.000 (scala ritenuta sufficiente per una corretta rappresentazione dei tematismi in essa contenuti), viene riportata in TAVOLA 7.

Gli ambiti di pericolosità/vulnerabilità individuati nel territorio comunale sono di seguito descritti.

### **10.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

#### **10.2.1. Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale**

Ricadono in questa classe le porzioni di territorio che in TAVOLA 3 sono state raffigurate ad elevata classe di vulnerabilità intrinseca del primo acquifero all'inquinamento.

Tale ambito interessa l'intera area golenale del fiume Po, ove prevalgono depositi superficiali caratterizzati da alta permeabilità (sabbie e sabbie limose con  $k \geq 10^{-4}$  cm/s), privi di copertura impermeabile; si tratta di aree in cui l'acquifero superficiale ospita una falda libera, la cui soggiacenza è generalmente compresa tra 1 e 6 metri.

Circa il grado di pericolosità è importante segnalare che l'elevata vulnerabilità dell'acquifero può comportare rischi per le captazioni pubbliche ad uso idropotabile, concentrate in una fascia ristretta all'interno della zona golenale, anche se attualmente non più utilizzate.

Per tutti i pozzi le aree di tutela assoluta sono interamente comprese all'interno di questa zona fra l'argine e l'alveo del fiume Po. Per tale motivo e per una loro difficile leggibilità grafica legata alla scala di rappresentazione, le zone di tutela assoluta non sono state riportate graficamente sulla TAVOLA 6 - CARTA DEI VINCOLI.

Non essendo mai stati effettuati studi appositi per delimitare le fasce di rispetto dei pozzi con il criterio idrogeologico e temporale, queste sono attualmente definite con il criterio geometrico e quindi con aree circolari con centro nel pozzo e raggio di 200 metri.

#### **10.2.2. Aree a falda affiorante**

Queste zone sono legate alla presenza di aree precedentemente soggette ad attività estrattive sotto falda, precedenti alle Normative Regionali in materia di attività estrattive, in cui vi è emergenza della falda superficiale.

Dette aree ricadono in due settori del territorio comunale, posti rispettivamente a nord del nucleo abitativo di Ostiglia e a sud-est del capoluogo, inserito in ambito golenale.

A nord dell'abitato sono stati censiti in prossimità della località San Romano tre depressioni, orientate N-S, poste nelle immediate vicinanze della S.S. n°12 e della vecchia linea ferroviaria Bologna-Brennero, mentre una quarta si trova poco più a ovest, in prossimità del confine comunale con Serravalle A Po.

A sud-est del capoluogo, in ambito golenale, sono stati censiti sei aree con falda affiorante.

Tali situazioni determinano un grado di vulnerabilità estremamente elevato.

#### **10.2.3. Aree a bassa soggiacenza della falda e/o con presenza di falde sospese**

Dai dati esaminati durante la precedente fase di inquadramento ed analisi, è emerso che l'intero territorio comunale di Ostiglia, ad eccezione dell'ambito golenale, è caratterizzato dalla presenza di una falda superficiale a soggiacenza metrica con profondità media della falda variabile tra poco meno di 1 metro e 3 metri dal piano campagna.

Pertanto, per la presenza di acque sotterranee poco profonde, si è optato di definire quale “**bassa soggiacenza**” della falda superficiale, le situazioni in cui la stessa è generalmente sub-affiorante, nello specifico **inferiore al metro** di profondità.

Le aree a bassa soggiacenza della falda caratterizzano i settori nord-occidentali e orientali del territorio comunale, diverse zone poste a nord del Canale Bianco e in corrispondenza di una fascia localizzata tra gli abitati di Ostiglia e Correggioli.

In merito alla possibile formazione di falde sospese si evidenzia che esse hanno un carattere temporaneo, la cui origine è legata ad eventi piovosi particolarmente intensi e prolungati.

Ricadono in questa classe gran parte dell'abitato di Correggioli, fin quasi in prossimità della località Comune Bellis e in diverse plaghe poste a ridosso del Canal Bianco.



### **10.3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

#### **10.3.1. Aree con vulnerabilità idraulica ricadenti all'interno delle fasce fluviali**

All'interno di questa classe ricade l'area compresa tra il Fiume Po, che costituisce il confine comunale per tutto il settore meridionale del comune, e il piede esterno dell'argine di difesa dalle inondazioni che ne costituisce il limite settentrionale. Tale limite rispecchia quanto previsto dalla cartografia di Piano di Assetto Idrogeologico relativamente alla posizione del limite della fascia B, come evidenziato in TAVOLA 6 – CARTA DEI VINCOLI in scala 1:10.000.

#### **10.3.2. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico – Polizia Idraulica**

Nel presente lavoro è stata predisposta un'analisi conoscitiva basata principalmente sulla verifica della presenza negli elenchi di cui alle delibere regionali, di corsi d'acqua che scorrono all'interno del territorio comunale, che ha permesso di constatare la presenza di diversi corsi d'acqua pubblici soggetti ai vincoli di Polizia Idraulica di cui al R.D. 523/1904.

Tuttavia, in considerazione dell'elevato numero di corsi d'acqua che scorrono in territorio comunale non si ritiene opportuno riportare in cartografia le fasce di rispetto dei corsi d'acqua, per una larghezza di 10 metri da entrambe le sponde, come stabilito dalla D.G.R. 7868/2002 e successive modifiche e integrazioni ai sensi della L.R. 1/2000, da mantenere a disposizione per consentire gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e di pulizia dell'alveo, il passaggio di mezzo meccanici, il deposito delle materie di spurgo e la realizzazione di interventi di difesa.

Infatti, tali aree sono soggette a specifica disciplina derivante da alcuni articoli del Codice Civile che disciplinano l'uso delle acque in regime di diritto privato, dal R.D. 523/1904 che disciplina le attività di Polizia Idraulica sui corsi d'acqua pubblici, dal R.D. 368/1904 che disciplina le attività di Polizia Idraulica sui canali di bonifica e dal R.D. 1775/1933 che disciplina l'utilizzo delle acque in regime di diritto pubblico e, quindi, appare superflua la delimitazione di tali fasce di rispetto.

### **10.4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

#### **10.4.1. Aree con depositi superficiali torbosi e paludosi**

Con riferimento a situazioni di pericolosità dal punto di vista geotecnico, sono state cartografate a parte due sottili strisce di territorio con depositi superficiali argilloso-torbosi ubicate a nord dell'abitato di Ostiglia, in corrispondenza delle Riserva Naturale delle Paludi di Ostiglia e in prossimità della località di Ponte Molino.

Questi terreni (come già indicato nel PARAGRAFO 5.3 – INDICAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO) presentano, infatti, caratteristiche geotecniche tali da imporre consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso.

#### **10.4.2. Aree con depositi superficiali limo-argillosi con limitata capacità portante**

In questa classe sono state inserite le aree con terreni prevalentemente limo-argillosi raffigurate nella CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE di TAVOLA 1.

Tali depositi che si rinvencono in gran parte del territorio comunale posto a nord del Capoluogo, non presentano generalmente caratteristiche particolarmente scadenti, ma, semplicemente, meritano una analisi più attenta rispetto ai depositi prevalentemente granulari.

Pertanto, tali aree andranno associate solo a modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

#### **10.4.3. Aree con depositi argillosi compressibili di spessore compreso tra 4 e 5 metri**

In questa classe sono state inserite le aree con terreni prevalentemente argillosi rappresentati nella CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE di TAVOLA 1 che presentano caratteristiche geotecniche mediocri ed elevata compressibilità, con spessori compresi tra 4 e 5 metri.

Tali depositi che si rinvencono in alcune plaghe poste nel settore centrale del territorio comunale, immediatamente a sud del Canal Bianco, in prossimità della zona artigianale e industriale di Ostiglia e gran parte del territorio comunale posto a nord del Capoluogo, non presentano generalmente caratteristiche particolarmente scadenti, ma, semplicemente, meritano una analisi più attenta rispetto ai depositi prevalentemente granulari.

Pertanto, a tali aree andranno associate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso.

## **11. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO** **(TAVOLA 8 – Scala 1:10.000)**

### **11.1. Premessa**

La Carta di fattibilità delle azioni di piano di TAVOLA 8, redatta in scala 1:10.000, è stata desunta dalla Carta di Sintesi e dalla Carta dei Vincoli di TAVOLA 6, attribuendo a ciascun poligono individuato in esse un valore di classe di fattibilità, secondo i criteri attuativi della Legge Regionale 12/05 per il Governo del Territorio della Regione Lombardia.

La Carta di Fattibilità è, dunque, una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

Essa deve essere utilizzata congiuntamente alle “Norme Geologiche di Attuazione” (di cui al Piano delle Regole) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

Di seguito vengono riportati il procedimento di attribuzione della classe di fattibilità e le 3 classi di fattibilità in cui è stato suddiviso il territorio comunale, secondo la normativa sopraccitata.

Per le classe di fattibilità viene effettuata inoltre una distinzione sottoclassi, individuate mediante sigle che contraddistinguono il fattore di pericolosità all'interno del quale tali aree ricadono.

Al mosaico della fattibilità è stato sovrapposto un retino trasparente che indica le aree soggette ad amplificazione sismica locale (Zona Z4a) e quelle soggette a fenomeni di cedimenti e/o liquefazione (Zona Z2), così come risulta dagli approfondimenti di 1° Livello eseguiti ai sensi della D.G.R. 7374/2008.

### **11.2. Attribuzioni della classe di fattibilità**

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

1. nella prima fase, a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni della Tabella 1, di cui ai criteri attuativi della L.R. 12/05;
2. successivamente in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito è stato aumentato o diminuito il valore della classe di fattibilità. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso risulta sempre compiutamente documentata e motivata con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 (“Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 47, d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445”) dei criteri sopraccitati.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto di classe di fattibilità; la relativa normativa associata deve contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

### 11.3. Classi di fattibilità

Le Classi di Fattibilità degli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica, individuati nella fase di sintesi, sono state attribuite secondo modalità standardizzate di assegnazione indicate dalla normativa di riferimento.

Il territorio del comune di Ostiglia è caratterizzato dalla presenza delle tre classi di fattibilità sotto descritte:

#### **CLASSE 2 (Gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni**

La classe 2 comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso che possono essere superate attraverso approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico costruttivi per la mitigazione del rischio.

Gli elementi di potenziale pericolo/vulnerabilità, più o meno consistenti, sono:

- limitata soggiacenza della falda;
- possibile presenza di falde sospese temporanee, la cui origine è indotta da precipitazioni particolarmente intense e prolungate;
- terreni superficiali limo-argilloso-sabbiosi caratterizzati da compressibilità medio-elevata che possono causare, in funzione dei carichi applicati, cedimenti per consolidazione;
- appartenenza di una fascia di territorio parallela all'argine maestro, alla fascia fluviale C del fiume Po.

In relazione alla specificità degli elementi di pericolo/vulnerabilità è possibile suddividere la classe in due sottoclassi:

- **Sottoclasse 2a** – Aree limo-argillose con limitata capacità portante;
- **Sottoclasse 2b** – Aree con possibile presenza di falde sospese temporanee.

Queste due classi sono state declassate dalla terza classe, a cui dovrebbero essere attribuite secondo la tabella riportata nella normativa regionale (Criteri attuativi L.R. 12/05 per il Governo del Territorio) in quanto ad esse sono associate condizioni di pericolosità/vulnerabilità del territorio modeste.

A tal proposito, si ritiene opportuno mettere in evidenza che gran parte del territorio comunale è caratterizzato da una modesta soggiacenza della falda e da terreni superficiali limo-argillosi con

limitata capacità portante; tale situazione è comunque caratteristica di ampi settori di territorio della bassa pianura mantovana.

Pertanto, si è ritenuto troppo penalizzante ed eccessivo in funzione della specifica problematica riscontrata, avere la classe più bassa di ingresso (classe 3) estesa per tutto il territorio come richiesto dalla normativa (bassa soggiacenza o presenza di falde sospese e aree limo-argillose con limitata capacità portante).

### **CLASSE 3 (Arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o pere di difesa.

Gli elementi di potenziale pericolo/vulnerabilità, più o meno consistenti, sono:

- bassa soggiacenza della falda;
- depositi superficiali torbosi e paludosi;
- depositi superficiali argillosi talora organici, con scadenti caratteristiche geotecniche, riscontrati sino a 5 metri di profondità dal p.c.;
- appartenenza di una fascia di territorio parallela all'argine maestro, alla fascia fluviale C del fiume Po.

In relazione alla specificità degli elementi di pericolo/vulnerabilità è possibile distinguere tre sottoclassi:

- **Sottoclasse 3a** – Aree a bassa soggiacenza della falda;
- **Sottoclasse 3b** – Aree paludose e/o torbose;
- **Sottoclasse 3c** – Aree con depositi argillosi particolarmente compressibili e spessori compresi tra 4 e 5 metri.

### **CLASSE 4 (Rosso) – Fattibilità con gravi limitazioni**

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree. In tale classe deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'Art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 15/2005, senza aumento di superficie o

volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Eventuali infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

In relazione alla specificità degli elementi di pericolo/vulnerabilità è possibile distinguere due sottoclassi:

- **Sottoclasse 4a** – Zona di esondazione del fiume Po, in area golenale (Fascia A e B) e ad elevata vulnerabilità idrogeologica dell'acquifero superficiale;
- **Sottoclasse 4b** – Aree con emergenza della falda freatica.

# **ALLEGATI**

## **TABULATI PROVE PENETROMETRICHE CPT**

## **REPORT INDAGINI GEOFISICHE**

**TABULATI PROVE PENETROMETRICHE CPT**

**AMBITI DI TRASFORMAZIONE URBANISTICA**



STUDIO di GEOLOGIA e GEOTECNICA  
di dr. Leonardo Calzolari & dr. Francesco Gabrielli  
Via T. Massarani, 3 – 46025 Poggio Rusco (MN)  
Telefono 0386.740154  
e.mail : gabrielli.calzolari@tiscali.it

---

**COMMITTENTE: COMUNE DI OSTIGLIA**

**CANTIERE: PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**LOCALITÀ: COMUNE DI OSTIGLIA (MN)**

**Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)**

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

**PROVA CPT 1 – Comparto E**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

28/12/2009  
9,00 mt  
Quota = 1,00 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	10.0	15.0	10.0	0.5333	18.75	5.33
0.40	14.0	22.0	14.0	0.8	17.5	5.71
0.60	28.0	40.0	28.0	1.2	23.33	4.29
0.80	28.0	46.0	28.0	1.2667	22.1	4.52
1.00	16.0	35.0	16.0	0.8667	18.46	5.42
1.20	8.0	21.0	8.0	0.6	13.33	7.5
1.40	5.0	14.0	5.0	0.2	25.0	4.0
1.60	14.0	17.0	14.0	0.8	17.5	5.71
1.80	14.0	26.0	14.0	0.8	17.5	5.71
2.00	11.0	23.0	11.0	0.6	18.33	5.45
2.20	12.0	21.0	12.0	0.4667	25.71	3.89
2.40	11.0	18.0	11.0	0.8667	12.69	7.88
2.60	12.0	25.0	12.0	0.6667	18.0	5.56
2.80	8.0	18.0	8.0	0.5333	15.0	6.67
3.00	13.0	21.0	13.0	0.6	21.67	4.62
3.20	10.0	19.0	10.0	0.6	16.67	6.0
3.40	16.0	25.0	16.0	0.7333	21.82	4.58
3.60	10.0	21.0	10.0	0.7333	13.64	7.33
3.80	11.0	22.0	11.0	0.5333	20.63	4.85
4.00	7.0	15.0	7.0	0.4667	15.0	6.67
4.20	5.0	12.0	5.0	0.5333	9.38	10.67
4.40	7.0	15.0	7.0	1.0667	6.56	15.24
4.60	21.0	37.0	21.0	1.1333	18.53	5.4
4.80	36.0	53.0	36.0	1.9333	18.62	5.37
5.00	55.0	84.0	55.0	2.6667	20.62	4.85
5.20	65.0	105.0	65.0	2.2	29.55	3.38
5.40	54.0	87.0	54.0	1.2667	42.63	2.35
5.60	48.0	67.0	48.0	1.0	48.0	2.08
5.80	52.0	67.0	52.0	1.2	43.33	2.31
6.00	58.0	76.0	58.0	1.6667	34.8	2.87
6.20	31.0	56.0	31.0	1.8667	16.61	6.02
6.40	33.0	61.0	33.0	2.0667	15.97	6.26
6.60	39.0	70.0	39.0	2.5333	15.39	6.5
6.80	40.0	78.0	40.0	2.0	20.0	5.0
7.00	48.0	78.0	48.0	2.2	21.82	4.58
7.20	44.0	77.0	44.0	1.5333	28.7	3.48
7.40	65.0	88.0	65.0	4.0667	15.98	6.26
7.60	113.0	174.0	113.0	3.8	29.74	3.36
7.80	80.0	137.0	80.0	3.9333	20.34	4.92
8.00	33.0	92.0	33.0	2.0667	15.97	6.26
8.20	56.0	87.0	56.0	2.8	20.0	5.0
8.40	38.0	80.0	38.0	1.6667	22.8	4.39
8.60	40.0	65.0	40.0	1.7333	23.08	4.33
8.80	39.0	65.0	39.0	2.4667	15.81	6.32
9.00	39.0	76.0	39.0	0.0		0.0

TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	10.0	0.5333	1.86	Coesivo	Limo argilloso soffice
0.40	14.0	0.8	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
0.80	28.0	1.2334	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
1.00	16.0	0.8667	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
1.40	6.5	0.4	1.86	Coesivo	Limo argilloso soffice
1.80	14.0	0.8	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
2.60	11.5	0.65	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
2.80	8.0	0.5333	1.86	Coesivo	Argilla limosa soffice
3.40	13.0	0.6444	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
3.80	10.5	0.6333	1.86	Coesivo	Limo argilloso plastico
4.40	6.3333	0.6889	1.86	Coesivo	Argilla torbosa
4.80	28.5	1.5333	1.86	Coesivo	Limo argilloso consistente
5.00	55.0	2.6667	1.86	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
5.20	65.0	2.2	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
6.00	53.0	1.2834	1.86	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
6.40	32.0	1.9667	1.86	Coesivo	Limo argilloso consistente
6.80	39.5	2.2667	1.86	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
7.20	46.0	1.8667	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
7.40	65.0	4.0667	1.86	Coesivo	Argilla limosa molto consistente
7.60	113.0	3.8	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
7.80	80.0	3.9333	1.86	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
8.00	33.0	2.0667	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
8.20	56.0	2.8	1.86	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
9.00	39.0	1.4667	1.86	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 1

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.20	C	0.53	374.30	43.54	114.33	>9	1.86	1.94	--	--	--	4.37E-10
2	0.40	C	0.73	522.91	48.33	140.42	5.83	1.91	1.99	--	--	--	3.74E-11
3	0.80	CI	1.47	1045.81	56.00	214.47	5.83	2.03	2.11	60.87	40.26	70.00	8.47E-09
4	1.00	C	0.83	593.72	48.02	152.36	2.22	1.93	2.01	--	--	--	1.30E-10
5	1.40	C	0.33	236.13	33.43	87.87	0.74	1.78	1.86	--	--	--	1.76E-11
6	1.80	C	0.72	516.09	48.33	140.42	1.37	1.91	1.99	--	--	--	3.74E-11
7	2.60	C	0.58	420.41	46.18	124.52	0.92	1.88	1.96	--	--	--	7.66E-11
8	2.80	C	0.39	287.54	38.44	99.76	0.56	1.81	1.89	--	--	--	1.00E-11
9	3.40	C	0.65	473.75	47.81	134.21	0.82	1.90	1.98	--	--	--	1.81E-09
10	3.80	C	0.52	378.39	44.54	117.79	0.60	1.86	1.94	--	--	--	1.39E-11
11	4.40	C	0.29	220.53	32.82	86.49	<0.5	1.77	1.85	--	--	--	1.00E-11
12	4.80	C	1.45	1050.17	57.00	216.80	1.34	2.03	2.11	--	--	--	2.99E-11
13	5.00	C	2.85	2042.95	110.00	323.98	2.45	2.14	2.22	--	--	--	6.18E-11
14	5.20	CI	3.37	2417.30	130.00	358.80	2.81	2.17	2.25	62.44	37.22	162.50	4.72E-07
15	6.00	I	--	--	207.90	316.73	2.12	1.80	2.10	55.55	35.90	132.50	6.56E-05
16	6.40	C	1.62	1176.26	64.00	232.70	1.18	2.05	2.13	--	--	--	1.00E-11
17	6.80	C	2.01	1456.22	79.00	264.65	1.38	2.08	2.16	--	--	--	1.00E-11
18	7.20	CI	2.35	1698.67	92.00	290.47	1.52	2.11	2.19	48.85	34.37	115.00	2.06E-08
19	7.40	C	3.35	2410.21	130.00	358.80	2.08	2.17	2.25	--	--	--	1.00E-11
20	7.60	CI	5.87	4209.56	226.00	503.02	3.53	2.26	2.34	73.55	38.42	282.50	1.55E-07
21	7.80	C	4.14	2971.42	160.00	407.33	2.44	2.20	2.28	--	--	--	1.00E-11
22	8.00	CI	1.66	1208.27	66.00	237.12	0.98	2.05	2.13	37.92	32.30	82.50	1.00E-11
23	8.20	C	2.87	2070.13	112.00	327.57	1.63	2.14	2.22	--	--	--	1.76E-11
24	9.00	CI	1.97	1431.02	78.00	262.60	1.08	2.08	2.16	41.61	32.77	97.50	1.42E-07

**PROVA CPT 2 – Comparto C**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

28/12/2009  
9,00 mt  
Quota = 1,50 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	5.0	8.0	5.0	0.2667	18.75	5.33
0.40	3.0	7.0	3.0	0.1333	22.51	4.44
0.60	24.0	26.0	24.0	0.6667	36.0	2.78
0.80	24.0	34.0	24.0	1.0	24.0	4.17
1.00	24.0	39.0	24.0	0.5333	45.0	2.22
1.20	19.0	27.0	19.0	0.8	23.75	4.21
1.40	18.0	30.0	18.0	0.5333	33.75	2.96
1.60	17.0	25.0	17.0	0.8	21.25	4.71
1.80	15.0	27.0	15.0	1.0	15.0	6.67
2.00	13.0	28.0	13.0	0.9333	13.93	7.18
2.20	12.0	26.0	12.0	1.0	12.0	8.33
2.40	10.0	25.0	10.0	0.8667	11.54	8.67
2.60	9.0	22.0	9.0	0.6667	13.5	7.41
2.80	8.0	18.0	8.0	0.5333	15.0	6.67
3.00	8.0	16.0	8.0	0.6667	12.0	8.33
3.20	11.0	21.0	11.0	0.8667	12.69	7.88
3.40	14.0	27.0	14.0	1.0	14.0	7.14
3.60	14.0	29.0	14.0	0.9333	15.0	6.67
3.80	12.0	26.0	12.0	1.1333	10.59	9.44
4.00	16.0	33.0	16.0	1.1333	14.12	7.08
4.20	13.0	30.0	13.0	1.2667	10.26	9.74
4.40	12.0	31.0	12.0	0.8667	13.85	7.22
4.60	9.0	22.0	9.0	1.0	9.0	11.11
4.80	11.0	26.0	11.0	1.0	11.0	9.09
5.00	13.0	28.0	13.0	1.4667	8.86	11.28
5.20	59.0	81.0	59.0	3.7333	15.8	6.33
5.40	87.0	143.0	87.0	2.8	31.07	3.22
5.60	56.0	98.0	56.0	3.0667	18.26	5.48
5.80	68.0	114.0	68.0	2.2667	30.0	3.33
6.00	56.0	90.0	56.0	2.9333	19.09	5.24
6.20	41.0	85.0	41.0	2.4667	16.62	6.02
6.40	44.0	81.0	44.0	2.6667	16.5	6.06
6.60	40.0	80.0	40.0	3.0	13.33	7.5
6.80	42.0	87.0	42.0	2.4	17.5	5.71
7.00	61.0	97.0	61.0	2.5333	24.08	4.15
7.20	96.0	134.0	96.0	3.4667	27.69	3.61
7.40	176.0	228.0	176.0	5.9333	29.66	3.37
7.60	176.0	265.0	176.0	6.0667	29.01	3.45
7.80	88.0	179.0	88.0	4.6	19.13	5.23
8.00	56.0	125.0	56.0	3.8	14.74	6.79
8.20	39.0	96.0	39.0	2.8	13.93	7.18
8.40	63.0	105.0	63.0	4.4667	14.1	7.09
8.60	92.0	159.0	92.0	4.1333	22.26	4.49
8.80	78.0	140.0	78.0	5.6	13.93	7.18
9.00	97.0	181.0	97.0	0.0		0.0

TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.40	4.0	0.2	1.74	Coesivo	Limo argilloso molto soffice
1.00	24.0	0.7333	1.74	Incoerente	Sabbie limose
1.60	18.0	0.7111	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
1.80	15.0	1.0	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
2.20	12.5	0.9667	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.00	8.75	0.6834	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.20	11.0	0.8667	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.80	13.3333	1.0222	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.00	16.0	1.1333	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
4.40	12.5	1.0667	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.80	10.0	1.0	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
5.00	13.0	1.4667	1.74	Coesivo	Argille plastiche
5.20	59.0	3.7333	1.74	Coesivo	Argilla limosa molto consistente
5.40	87.0	2.8	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
6.00	60.0	2.7556	1.74	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
6.80	41.75	2.6334	1.74	Coesivo	Limo argilloso compatto
7.00	61.0	2.5333	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
7.20	96.0	3.4667	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
7.60	176.0	6.0	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
7.80	88.0	4.6	1.74	Coesivo	Limo argilloso compatto
8.00	56.0	3.8	1.74	Coesivo	Argilla limosa molto consistente
8.20	39.0	2.8	1.74	Coesivo	Argilla limosa molto consistente
8.40	63.0	4.4667	1.74	Coesivo	Argilla limosa dura
9.00	89.0	3.2444	1.74	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 2

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.40	C	0.21	148.69	22.83	65.32	2.67	1.70	1.78	--	--	--	3.72E-09
2	1.00	I	--	--	94.14	195.19	4.58	1.80	2.10	55.25	39.13	60.00	5.85E-06
3	1.60	CI	0.94	666.52	45.90	163.73	1.85	1.95	2.03	38.27	34.96	45.00	1.34E-07
4	1.80	CI	0.77	552.16	48.40	146.47	1.26	1.92	2.00	30.28	33.19	37.50	1.00E-11
5	2.20	CI	0.64	457.57	47.38	131.03	0.98	1.89	1.97	23.99	31.97	31.25	1.00E-11
6	3.00	CI	0.44	315.29	40.57	105.37	0.59	1.83	1.91	11.88	29.63	21.88	1.00E-11
7	3.20	CI	0.55	398.27	45.42	121.19	0.67	1.87	1.95	16.93	30.27	27.50	1.00E-11
8	3.80	CI	0.67	484.66	48.03	136.30	0.76	1.90	1.98	21.33	30.86	33.33	1.00E-11
9	4.00	CI	0.81	583.55	48.02	152.36	0.85	1.93	2.01	25.52	31.42	40.00	1.00E-11
10	4.40	CI	0.62	451.47	47.38	131.03	0.63	1.89	1.97	17.80	30.01	31.25	1.00E-11
11	4.80	CI	0.48	356.61	43.54	114.33	<0.5	1.85	1.93	10.57	28.66	25.00	1.00E-11
12	5.00	C	0.64	468.28	47.81	134.21	0.59	1.89	1.97	--	--	--	1.00E-11
13	5.20	C	3.06	2192.72	118.00	338.18	2.60	2.15	2.23	--	--	--	1.00E-11
14	5.40	CI	4.53	3242.17	174.00	428.75	3.73	2.22	2.30	70.63	38.59	217.50	7.20E-07
15	6.00	C	3.11	2228.56	120.00	341.67	2.44	2.16	2.24	--	--	--	2.69E-10
16	6.80	C	2.14	1542.24	83.50	273.77	1.56	2.09	2.17	--	--	--	1.00E-11
17	7.00	CI	3.15	2262.73	122.00	345.14	2.15	2.16	2.24	57.73	36.00	152.50	5.28E-09
18	7.20	CI	4.99	3574.67	192.00	455.33	3.31	2.24	2.32	70.31	38.07	240.00	4.65E-08
19	7.60	CI	9.20	6573.84	351.99	659.43	5.87	2.34	2.42	87.08	40.84	440.00	2.07E-08
20	7.80	C	4.56	3273.01	176.00	431.75	2.84	2.22	2.30	--	--	--	1.00E-11
21	8.00	C	2.88	2072.45	112.00	327.57	1.77	2.14	2.22	--	--	--	1.00E-11
22	8.20	C	1.98	1434.40	78.00	262.60	1.21	2.08	2.16	--	--	--	1.00E-11
23	8.40	C	3.24	2333.84	126.00	352.01	1.92	2.16	2.24	--	--	--	1.00E-11
24	9.00	CI	4.60	3307.73	178.00	434.75	2.61	2.22	2.30	65.86	36.98	222.50	4.66E-08

**PROVA CPT 3 – Comparto D**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

28/12/2009  
9,00 mt  
Quota = 1,70 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	3.0	5.0	3.0	0.1333	22.51	4.44
0.40	13.0	15.0	13.0	0.6667	19.5	5.13
0.60	11.0	21.0	11.0	0.5333	20.63	4.85
0.80	11.0	19.0	11.0	0.5333	20.63	4.85
1.00	13.0	21.0	13.0	0.7333	17.73	5.64
1.20	13.0	24.0	13.0	0.9333	13.93	7.18
1.40	15.0	29.0	15.0	1.1333	13.24	7.56
1.60	13.0	30.0	13.0	1.0667	12.19	8.21
1.80	12.0	28.0	12.0	1.0667	11.25	8.89
2.00	10.0	26.0	10.0	0.9333	10.71	9.33
2.20	11.0	25.0	11.0	1.0667	10.31	9.7
2.40	14.0	30.0	14.0	1.2667	11.05	9.05
2.60	15.0	34.0	15.0	1.2	12.5	8.0
2.80	16.0	34.0	16.0	1.2	13.33	7.5
3.00	15.0	33.0	15.0	1.0	15.0	6.67
3.20	14.0	29.0	14.0	1.0667	13.12	7.62
3.40	13.0	29.0	13.0	1.0	13.0	7.69
3.60	13.0	28.0	13.0	1.0	13.0	7.69
3.80	13.0	28.0	13.0	0.9333	13.93	7.18
4.00	11.0	25.0	11.0	0.8667	12.69	7.88
4.20	9.0	22.0	9.0	0.7333	12.27	8.15
4.40	10.0	21.0	10.0	1.1333	8.82	11.33
4.60	18.0	35.0	18.0	0.8667	20.77	4.82
4.80	47.0	60.0	47.0	0.8667	54.23	1.84
5.00	39.0	52.0	39.0	0.7333	53.18	1.88
5.20	28.0	39.0	28.0	1.1333	24.71	4.05
5.40	14.0	31.0	14.0	1.2	11.67	8.57
5.60	20.0	38.0	20.0	0.8667	23.08	4.33
5.80	10.0	23.0	10.0	0.6	16.67	6.0
6.00	7.0	16.0	7.0	0.8	8.75	11.43
6.20	9.0	21.0	9.0	0.8667	10.38	9.63
6.40	10.0	23.0	10.0	0.8	12.5	8.0
6.60	7.0	19.0	7.0	0.8	8.75	11.43
6.80	9.0	21.0	9.0	0.9333	9.64	10.37
7.00	12.0	26.0	12.0	1.1333	10.59	9.44
7.20	15.0	32.0	15.0	1.4	10.71	9.33
7.40	16.0	37.0	16.0	1.2667	12.63	7.92
7.60	14.0	33.0	14.0	1.1333	12.35	8.1
7.80	15.0	32.0	15.0	1.0667	14.06	7.11
8.00	12.0	28.0	12.0	0.8667	13.85	7.22
8.20	13.0	26.0	13.0	0.8667	15.0	6.67
8.40	8.0	21.0	8.0	0.7333	10.91	9.17
8.60	23.0	34.0	23.0	0.5333	43.13	2.32
8.80	34.0	42.0	34.0	1.2667	26.84	3.73
9.00	69.0	88.0	69.0	0.0		0.0



TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	3.0	0.1333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
0.40	13.0	0.6667	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
0.80	11.0	0.5333	1.65	Coesivo	Limo argilloso soffice
1.20	13.0	0.8333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
1.40	15.0	1.1333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
1.60	13.0	1.0667	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
2.20	11.0	1.0222	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
2.40	14.0	1.2667	1.65	Coesivo	Argille plastiche
2.80	15.5	1.2	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
3.80	13.6	1.0	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.40	10.0	0.9111	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
4.60	18.0	0.8667	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
5.00	43.0	0.8	1.65	Incoerente	Sabbie limose
5.20	28.0	1.1333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
5.40	14.0	1.2	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
5.60	20.0	0.8667	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
5.80	10.0	0.6	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
6.20	8.0	0.8334	1.65	Coesivo	Limo argilloso
6.40	10.0	0.8	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
6.80	8.0	0.8667	1.65	Coesivo	Limo argilloso
7.40	14.3333	1.2667	1.65	Coesivo	Argille plastiche
8.20	13.5	0.9833	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
8.40	8.0	0.7333	1.65	Coesivo	Limo argilloso
8.60	23.0	0.5333	1.65	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
8.80	34.0	1.2667	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
9.00	69.0	0.0	1.65	Incoerente	Sabbie limose

### TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 3

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm <sup>2</sup> )
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.20	CI	0.16	111.88	17.80	54.79	4.23	1.65	1.73	24.55	38.14	7.50	3.80E-08
2	0.40	C	0.68	485.64	47.81	134.21	6.11	1.90	1.98	--	--	--	7.99E-10
3	0.80	C	0.57	408.79	45.42	121.19	2.58	1.87	1.95	--	--	--	3.62E-09
4	1.20	CI	0.68	481.31	47.81	134.21	1.83	1.90	1.98	33.51	34.82	32.50	1.00E-11
5	1.40	CI	0.78	554.46	48.40	146.47	1.63	1.92	2.00	33.85	34.33	37.50	1.00E-11
6	1.60	CI	0.67	478.22	47.81	134.21	1.22	1.90	1.98	27.75	33.00	32.50	1.00E-11
7	2.20	CI	0.56	401.49	45.42	121.19	0.87	1.87	1.95	20.58	31.43	27.50	1.00E-11
8	2.40	C	0.72	513.02	48.33	140.42	1.02	1.91	1.99	--	--	--	1.00E-11
9	2.80	CI	0.79	568.54	48.27	149.43	1.06	1.93	2.01	28.28	32.42	38.75	1.00E-11
10	3.80	CI	0.69	495.58	48.18	137.96	0.82	1.90	1.98	22.77	31.23	34.00	1.00E-11
11	4.40	CI	0.49	358.63	43.54	114.33	0.53	1.85	1.93	12.23	29.18	25.00	1.00E-11
12	4.60	C	0.91	657.66	45.90	163.73	0.91	1.95	2.03	--	--	--	2.24E-09
13	5.00	I	--	--	168.67	278.75	2.07	1.80	2.10	52.27	35.74	107.50	7.41E-04
14	5.20	CI	1.43	1031.19	56.00	214.47	1.30	2.03	2.11	39.52	33.50	70.00	5.30E-08
15	5.40	CI	0.69	505.71	48.33	140.42	0.63	1.91	1.99	19.45	30.06	35.00	1.00E-11
16	5.60	CI	1.00	730.22	41.98	174.62	0.88	1.97	2.05	29.24	31.66	50.00	2.03E-08
17	5.80	C	0.48	354.73	43.54	114.33	<0.5	1.85	1.93	--	--	--	1.79E-11
18	6.20	C	0.37	279.00	38.44	99.76	<0.5	1.81	1.89	--	--	--	1.00E-11
19	6.40	CI	0.47	353.27	43.54	114.33	<0.5	1.85	1.93	8.20	27.91	25.00	1.00E-11
20	6.80	C	0.36	277.54	38.44	99.76	<0.5	1.81	1.89	--	--	--	1.00E-11
21	7.40	C	0.69	513.82	48.40	142.46	0.53	1.91	1.99	--	--	--	1.00E-11
22	8.20	CI	0.64	480.86	48.13	137.34	<0.5	1.90	1.98	14.52	28.65	33.75	1.00E-11
23	8.40	C	0.35	273.39	38.44	99.76	<0.5	1.80	1.88	--	--	--	1.00E-11
24	8.60	I	--	--	90.22	190.18	0.74	1.80	2.10	28.74	30.91	57.50	1.27E-04
25	8.80	CI	1.71	1247.42	68.00	241.49	1.08	2.06	2.14	39.59	32.71	85.00	2.04E-07
26	9.00	I	--	--	270.66	372.13	2.14	0.00	0.00	59.46	36.03	172.50	0.00E+00

**PROVA CPT 4 – Comparto B**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

28/12/2009  
9,00 mt  
Quota = 2,30 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	3.0	5.0	3.0	0.3333	9.0	11.11
0.40	6.0	11.0	6.0	0.2667	22.5	4.45
0.60	28.0	32.0	28.0	0.8	35.0	2.86
0.80	27.0	39.0	27.0	0.9333	28.93	3.46
1.00	25.0	39.0	25.0	1.1333	22.06	4.53
1.20	31.0	48.0	31.0	1.6	19.38	5.16
1.40	34.0	58.0	34.0	1.0	34.0	2.94
1.60	22.0	37.0	22.0	1.1333	19.41	5.15
1.80	19.0	36.0	19.0	1.0	19.0	5.26
2.00	15.0	30.0	15.0	0.9333	16.07	6.22
2.20	12.0	26.0	12.0	0.8	15.0	6.67
2.40	9.0	21.0	9.0	0.6667	13.5	7.41
2.60	10.0	20.0	10.0	0.8	12.5	8.0
2.80	11.0	23.0	11.0	1.0	11.0	9.09
3.00	12.0	27.0	12.0	1.0	12.0	8.33
3.20	10.0	25.0	10.0	0.8	12.5	8.0
3.40	10.0	22.0	10.0	0.9333	10.71	9.33
3.60	14.0	28.0	14.0	1.1333	12.35	8.1
3.80	13.0	30.0	13.0	0.9333	13.93	7.18
4.00	18.0	32.0	18.0	0.9333	19.29	5.19
4.20	17.0	31.0	17.0	0.9333	18.21	5.49
4.40	18.0	32.0	18.0	0.8	22.5	4.44
4.60	18.0	30.0	18.0	0.6667	27.0	3.7
4.80	13.0	23.0	13.0	0.9333	13.93	7.18
5.00	16.0	30.0	16.0	0.7333	21.82	4.58
5.20	14.0	25.0	14.0	0.8	17.5	5.71
5.40	8.0	20.0	8.0	0.5333	15.0	6.67
5.60	7.0	15.0	7.0	0.7333	9.55	10.48
5.80	10.0	21.0	10.0	1.0667	9.37	10.67
6.00	24.0	40.0	24.0	1.5333	15.65	6.39
6.20	32.0	55.0	32.0	1.7333	18.46	5.42
6.40	28.0	54.0	28.0	1.4667	19.09	5.24
6.60	26.0	48.0	26.0	1.4667	17.73	5.64
6.80	26.0	48.0	26.0	1.4667	17.73	5.64
7.00	47.0	69.0	47.0	2.4667	19.05	5.25
7.20	62.0	99.0	62.0	3.2	19.38	5.16
7.40	59.0	107.0	59.0	2.5333	23.29	4.29
7.60	156.0	194.0	156.0	3.0667	50.87	1.97
7.80	56.0	102.0	56.0	4.2	13.33	7.5
8.00	48.0	111.0	48.0	3.0	16.0	6.25
8.20	50.0	95.0	50.0	2.8667	17.44	5.73
8.40	59.0	102.0	59.0	2.8667	20.58	4.86
8.60	65.0	108.0	65.0	2.7333	23.78	4.21
8.80	80.0	121.0	80.0	2.7333	29.27	3.42
9.00	87.0	128.0	87.0	0.0		0.0

**TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA**

<b>Prof. Strato (m)</b>	<b>qc Media (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>fs Media (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Gamma Medio (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Comp. Geotecnico</b>	<b>Descrizione</b>
0.40	4.5	0.3	1.65	Coesivo	Argilla limosa soffice
0.80	27.5	0.8667	1.65	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
1.20	28.0	1.3667	1.65	Coesivo	Limo argilloso consistente
1.40	34.0	1.0	1.65	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
1.80	20.5	1.0667	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
2.20	13.5	0.8667	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.40	10.3333	0.8667	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.80	13.5	1.0333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.60	17.75	0.8333	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
4.80	13.0	0.9333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso addensato
5.20	15.0	0.7667	1.65	Coesivo	Limo argilloso plastico
5.80	8.3333	0.7778	1.65	Coesivo	Argilla limosa
6.00	24.0	1.5333	1.65	Coesivo-Incoerente	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
6.80	28.0	1.5334	1.65	Coesivo	Limo argilloso consistente
7.00	47.0	2.4667	1.65	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
7.40	60.5	2.8667	1.65	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
7.60	156.0	3.0667	1.65	Incoerente	Sabbia limosa addensata
8.60	55.6	3.1333	1.65	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
9.00	83.5	1.3667	1.65	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 4

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.40	C	0.24	167.51	25.18	70.19	3.17	1.72	1.80	--	--	--	1.00E-11
2	0.80	I	--	--	107.87	212.12	6.46	1.80	2.10	62.06	40.71	68.75	3.59E-06
3	1.20	C	1.47	1043.81	56.00	214.47	3.95	2.03	2.11	--	--	--	6.24E-10
4	1.40	I	--	--	133.37	241.49	3.69	1.80	2.10	57.11	38.25	85.00	8.12E-06
5	1.80	C	1.07	758.85	41.00	177.27	1.81	1.97	2.05	--	--	--	2.29E-10
6	2.20	CI	0.69	493.88	48.13	137.34	0.95	1.90	1.98	24.73	31.88	33.75	1.00E-11
7	3.40	CI	0.52	372.05	44.22	116.64	0.58	1.86	1.94	13.98	29.60	25.83	1.00E-11
8	3.80	CI	0.68	488.85	48.13	137.34	0.68	1.90	1.98	19.89	30.35	33.75	1.00E-11
9	4.60	C	0.90	646.76	46.26	162.34	0.82	1.95	2.03	--	--	--	4.14E-09
10	4.80	CI	0.64	467.42	47.81	134.21	0.56	1.89	1.97	16.78	29.52	32.50	1.00E-11
11	5.20	C	0.75	541.69	48.40	146.47	0.63	1.92	2.00	--	--	--	6.95E-10
12	5.80	C	0.39	290.47	39.42	102.28	<0.5	1.81	1.89	--	--	--	1.00E-11
13	6.00	CI	1.21	876.99	48.00	195.19	0.91	2.00	2.08	32.27	31.85	60.00	1.00E-11
14	6.80	C	1.42	1025.77	56.00	214.47	1.01	2.03	2.11	--	--	--	1.75E-11
15	7.00	C	2.41	1737.06	94.00	294.31	1.61	2.11	2.19	--	--	--	1.00E-11
16	7.40	C	3.12	2242.58	121.00	343.41	2.02	2.16	2.24	--	--	--	8.71E-11
17	7.60	I	--	--	325.97	612.57	5.06	1.80	2.10	83.25	40.13	390.00	3.09E-04
18	8.60	C	2.86	2056.63	111.20	326.14	1.71	2.14	2.22	--	--	--	1.00E-11
19	9.00	I	--	--	327.54	418.13	2.42	1.90	2.20	63.90	36.63	208.75	1.68E-03

**PROVA CPT 5 – Comparto H**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

07/01/2010  
9,00 mt  
Quota = 1,30 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	22.0	25.0	22.0	0.8	27.5	3.64
0.40	10.0	22.0	10.0	0.7333	13.64	7.33
0.60	10.0	21.0	10.0	0.6	16.67	6.0
0.80	7.0	16.0	7.0	0.3333	21.0	4.76
1.00	6.0	11.0	6.0	0.3333	18.0	5.56
1.20	8.0	13.0	8.0	0.2667	30.0	3.33
1.40	6.0	10.0	6.0	0.4	15.0	6.67
1.60	6.0	12.0	6.0	0.1333	45.01	2.22
1.80	9.0	11.0	9.0	0.2667	33.75	2.96
2.00	33.0	37.0	33.0	0.8	41.25	2.42
2.20	50.0	62.0	50.0	1.5333	32.61	3.07
2.40	67.0	90.0	67.0	1.9333	34.66	2.89
2.60	67.0	96.0	67.0	2.0667	32.42	3.08
2.80	87.0	118.0	87.0	1.1333	76.77	1.3
3.00	73.0	90.0	73.0	1.9333	37.76	2.65
3.20	11.0	40.0	11.0	0.7333	15.0	6.67
3.40	8.0	19.0	8.0	0.5333	15.0	6.67
3.60	12.0	20.0	12.0	0.4667	25.71	3.89
3.80	10.0	17.0	10.0	0.6667	15.0	6.67
4.00	9.0	19.0	9.0	0.6	15.0	6.67
4.20	11.0	20.0	11.0	0.6667	16.5	6.06
4.40	10.0	20.0	10.0	0.8	12.5	8.0
4.60	13.0	25.0	13.0	0.8	16.25	6.15
4.80	13.0	25.0	13.0	0.8667	15.0	6.67
5.00	12.0	25.0	12.0	0.8	15.0	6.67
5.20	10.0	22.0	10.0	0.8	12.5	8.0
5.40	9.0	21.0	9.0	0.5333	16.88	5.93
5.60	9.0	17.0	9.0	0.4667	19.28	5.19
5.80	10.0	17.0	10.0	0.6667	15.0	6.67
6.00	10.0	20.0	10.0	0.6667	15.0	6.67
6.20	10.0	20.0	10.0	0.8	12.5	8.0
6.40	10.0	22.0	10.0	0.6	16.67	6.0
6.60	10.0	19.0	10.0	0.6667	15.0	6.67
6.80	10.0	20.0	10.0	0.6667	15.0	6.67
7.00	9.0	19.0	9.0	0.6	15.0	6.67
7.20	10.0	19.0	10.0	0.6	16.67	6.0
7.40	9.0	18.0	9.0	0.4667	19.28	5.19
7.60	8.0	15.0	8.0	0.5333	15.0	6.67
7.80	9.0	17.0	9.0	0.6	15.0	6.67
8.00	9.0	18.0	9.0	0.8	11.25	8.89
8.20	11.0	23.0	11.0	0.8667	12.69	7.88
8.40	17.0	30.0	17.0	1.2	14.17	7.06
8.60	20.0	38.0	20.0	1.4	14.29	7.0
8.80	19.0	40.0	19.0	1.3333	14.25	7.02
9.00	21.0	41.0	21.0	0.0		0.0

TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	22.0	0.8	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
0.60	10.0	0.6667	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
1.00	6.5	0.3333	1.99	Coesivo	Limo argilloso soffice
1.20	8.0	0.2667	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
1.60	6.0	0.2667	1.99	Incoerente	Argilla limosa
1.80	9.0	0.2667	1.99	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
2.00	33.0	0.8	1.99	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
2.60	61.3333	1.8444	1.99	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
2.80	87.0	1.1333	1.99	Incoerente	Sabbia
3.00	73.0	1.9333	1.99	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
3.20	11.0	0.7333	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.40	8.0	0.5333	1.99	Coesivo	Argilla limosa soffice
4.20	10.5	0.6	1.99	Coesivo	Limo argilloso plastico
5.20	11.6	0.8133	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
5.60	9.0	0.5	1.99	Coesivo	Limo argilloso soffice
6.80	10.0	0.6778	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
8.00	9.0	0.6	1.99	Coesivo	Argilla limosa
8.20	11.0	0.8667	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
8.80	18.6667	1.3111	1.99	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 5

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.20	CI	1.16	824.25	44.00	185.09	>9	1.99	2.07	78.52	45.00	55.00	4.76E-07
2	0.60	CI	0.52	372.01	43.54	114.33	2.92	1.86	1.94	36.41	36.84	25.00	1.00E-11
3	1.00	C	0.33	237.78	33.43	87.87	0.95	1.78	1.86	--	--	--	1.67E-09
4	1.20	CI	0.41	291.79	38.44	99.76	0.85	1.81	1.89	15.69	31.22	20.00	2.59E-06
5	1.60	I	--	--	23.54	83.68	0.52	1.80	2.10	5.00	28.92	15.00	3.08E-08
6	1.80	I	--	--	35.30	107.20	0.70	1.80	2.10	14.64	30.39	22.50	1.11E-05
7	2.00	I	--	--	129.45	237.12	2.41	1.80	2.10	50.66	36.34	82.50	7.64E-05
8	2.60	I	--	--	240.59	346.29	3.99	1.80	2.10	66.61	38.78	153.33	3.76E-06
9	2.80	I	--	--	341.27	428.75	5.09	1.90	2.20	75.05	39.99	217.50	6.54E-03
10	3.00	I	--	--	286.35	385.17	4.07	1.80	2.10	69.37	38.93	182.50	1.89E-05
11	3.20	CI	0.55	396.12	45.42	121.19	0.59	1.87	1.95	14.92	29.64	27.50	1.00E-11
12	3.40	C	0.39	282.87	38.44	99.76	<0.5	1.81	1.89	--	--	--	1.00E-11
13	4.20	C	0.51	374.77	44.54	117.79	<0.5	1.86	1.94	--	--	--	6.64E-11
14	5.20	CI	0.56	412.68	46.32	125.18	<0.5	1.87	1.95	12.04	28.50	29.00	1.00E-11
15	5.60	C	0.42	312.58	41.22	107.20	<0.5	1.83	1.91	--	--	--	1.78E-10
16	6.80	CI	0.46	347.11	43.54	114.33	<0.5	1.84	1.92	5.00	26.78	25.00	1.00E-11
17	8.00	C	0.40	305.15	41.22	107.20	<0.5	1.82	1.90	--	--	--	1.00E-11
18	8.20	CI	0.49	377.55	45.42	121.19	<0.5	1.86	1.94	5.00	26.23	27.50	1.00E-11
19	8.80	CI	0.89	663.57	44.79	167.41	<0.5	1.95	2.03	18.60	28.58	46.67	1.00E-11



**PROVA CPT 6 – Comparto G**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

07/01/2010  
9,00 mt  
Quota = 1,50 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	18.0	32.0	18.0	0.8667	20.77	4.82
0.40	12.0	25.0	12.0	0.6667	18.0	5.56
0.60	9.0	19.0	9.0	0.6667	13.5	7.41
0.80	16.0	26.0	16.0	0.3333	48.0	2.08
1.00	30.0	35.0	30.0	1.0	30.0	3.33
1.20	17.0	32.0	17.0	0.6	28.33	3.53
1.40	42.0	51.0	42.0	0.8	52.5	1.9
1.60	23.0	35.0	23.0	0.6667	34.5	2.9
1.80	11.0	21.0	11.0	0.4667	23.57	4.24
2.00	19.0	26.0	19.0	0.3333	57.01	1.75
2.20	13.0	18.0	13.0	0.6667	19.5	5.13
2.40	10.0	20.0	10.0	0.4	25.0	4.0
2.60	9.0	15.0	9.0	0.6	15.0	6.67
2.80	9.0	18.0	9.0	0.4667	19.28	5.19
3.00	11.0	18.0	11.0	0.7333	15.0	6.67
3.20	13.0	24.0	13.0	0.8667	15.0	6.67
3.40	17.0	30.0	17.0	0.8667	19.61	5.1
3.60	17.0	30.0	17.0	1.0667	15.94	6.27
3.80	11.0	27.0	11.0	0.5333	20.63	4.85
4.00	14.0	22.0	14.0	0.8667	16.15	6.19
4.20	48.0	61.0	48.0	0.7333	65.46	1.53
4.40	42.0	53.0	42.0	0.8	52.5	1.9
4.60	42.0	54.0	42.0	0.6667	63.0	1.59
4.80	42.0	52.0	42.0	1.1333	37.06	2.7
5.00	17.0	34.0	17.0	1.0667	15.94	6.27
5.20	15.0	31.0	15.0	0.8667	17.31	5.78
5.40	8.0	21.0	8.0	0.7333	10.91	9.17
5.60	7.0	18.0	7.0	0.3333	21.0	4.76
5.80	8.0	13.0	8.0	0.3333	24.0	4.17
6.00	8.0	13.0	8.0	0.3333	24.0	4.17
6.20	6.0	11.0	6.0	0.2	30.0	3.33
6.40	9.0	12.0	9.0	0.9333	9.64	10.37
6.60	18.0	32.0	18.0	0.2	90.0	1.11
6.80	62.0	65.0	62.0	0.9333	66.43	1.51
7.00	41.0	55.0	41.0	1.2667	32.37	3.09
7.20	25.0	44.0	25.0	1.1333	22.06	4.53
7.40	28.0	45.0	28.0	1.6	17.5	5.71
7.60	42.0	66.0	42.0	2.2667	18.53	5.4
7.80	38.0	72.0	38.0	2.2	17.27	5.79
8.00	37.0	70.0	37.0	2.1333	17.34	5.77
8.20	30.0	62.0	30.0	2.2	13.64	7.33
8.40	23.0	56.0	23.0	1.5333	15.0	6.67
8.60	26.0	49.0	26.0	1.8	14.44	6.92
8.80	38.0	65.0	38.0	1.3333	28.5	3.51
9.00	11.0	31.0	11.0	0.0		0.0

TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.40	15.0	0.7667	1.95	Coesivo	Limo argilloso plastico
0.60	9.0	0.6667	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
0.80	16.0	0.3333	1.95	Incoerente	Sabbie limose
1.20	23.5	0.8	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
1.40	42.0	0.8	1.95	Incoerente	Sabbie limose
1.60	23.0	0.6667	1.95	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
1.80	11.0	0.4667	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
2.00	19.0	0.3333	1.95	Incoerente	Sabbie limose
2.20	13.0	0.6667	1.95	Coesivo	Limo argilloso plastico
2.40	10.0	0.4	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
2.80	9.0	0.5334	1.95	Coesivo	Limo argilloso soffice
3.20	12.0	0.8	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
3.60	17.0	0.9667	1.95	Coesivo	Limo argilloso plastico
3.80	11.0	0.5333	1.95	Coesivo	Limo argilloso soffice
4.00	14.0	0.8667	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.20	48.0	0.7333	1.95	Incoerente	Sabbia
4.80	42.0	0.8667	1.95	Incoerente	Sabbie limose
5.20	16.0	0.9667	1.95	Coesivo	Limo argilloso plastico
6.40	7.6667	0.4778	1.95	Coesivo	Argilla limosa soffice
6.60	18.0	0.2	1.95	Incoerente	Sabbia
6.80	62.0	0.9333	1.95	Incoerente	Sabbia
7.00	41.0	1.2667	1.95	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
7.40	26.5	1.3667	1.95	Coesivo	Limo argilloso consistente
8.00	39.0	2.2	1.95	Coesivo	Limo argilloso molto consistente
8.20	30.0	2.2	1.95	Coesivo	Argilla limosa molto consistente
8.60	24.5	1.6667	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
8.80	38.0	1.3333	1.95	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 6

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.40	C	0.79	561.04	48.40	146.47	8.94	1.92	2.00	--	--	--	6.95E-10
2	0.60	CI	0.47	333.84	41.22	107.20	2.15	1.84	1.92	30.53	35.42	22.50	1.00E-11
3	0.80	I	--	--	62.76	152.36	2.73	1.80	2.10	42.11	36.67	40.00	3.38E-04
4	1.20	CI	1.23	873.94	47.00	192.70	2.80	2.00	2.08	47.96	36.91	58.75	1.29E-06
5	1.40	I	--	--	164.75	274.77	3.85	1.80	2.10	60.74	38.52	105.00	6.21E-04
6	1.60	I	--	--	90.22	190.18	1.83	1.80	2.10	41.59	34.98	57.50	1.16E-05
7	1.80	CI	0.56	400.82	45.42	121.19	0.82	1.87	1.95	19.73	31.16	27.50	5.28E-08
8	2.00	I	--	--	74.53	169.23	1.34	1.80	2.10	34.42	33.52	47.50	1.21E-03
9	2.20	C	0.66	474.39	47.81	134.21	0.87	1.90	1.98	--	--	--	7.99E-10
10	2.40	CI	0.50	361.18	43.54	114.33	0.63	1.85	1.93	14.63	29.94	25.00	1.57E-07
11	2.80	C	0.45	322.61	41.22	107.20	0.53	1.83	1.91	--	--	--	3.10E-11
12	3.20	CI	0.60	433.69	46.84	127.80	0.64	1.88	1.96	17.46	30.07	30.00	1.00E-11
13	3.60	C	0.86	619.76	47.18	158.11	0.84	1.94	2.02	--	--	--	2.66E-11
14	3.80	C	0.54	393.69	45.42	121.19	0.51	1.86	1.94	--	--	--	3.62E-09
15	4.00	CI	0.70	505.48	48.33	140.42	0.63	1.91	1.99	19.29	30.01	35.00	1.00E-11
16	4.20	I	--	--	188.29	298.12	2.07	1.90	2.20	53.80	35.76	120.00	2.79E-03
17	4.80	I	--	--	164.75	274.77	1.69	1.80	2.10	49.04	34.81	105.00	3.24E-04
18	5.20	C	0.79	576.56	48.02	152.36	0.60	1.93	2.01	--	--	--	1.00E-11
19	6.40	C	0.34	261.21	37.42	97.20	<0.5	1.80	1.88	--	--	--	1.00E-11
20	6.60	I	--	--	70.61	163.73	0.55	1.90	2.20	20.91	29.46	45.00	1.00E-03
21	6.80	I	--	--	243.20	348.59	1.83	1.90	2.20	55.72	35.29	155.00	2.98E-03
22	7.00	I	--	--	160.83	270.75	1.18	1.80	2.10	43.62	33.20	102.50	3.65E-06
23	7.40	C	1.32	962.48	53.00	207.38	0.74	2.01	2.09	--	--	--	1.48E-10
24	8.00	C	1.97	1429.44	78.00	262.60	1.03	2.08	2.16	--	--	--	1.00E-11
25	8.20	C	1.50	1090.52	60.00	223.71	0.76	2.04	2.12	--	--	--	1.00E-11
26	8.60	CI	1.20	883.20	49.00	197.67	0.60	2.00	2.08	26.67	29.99	61.25	1.00E-11
27	8.80	CI	1.91	1388.38	76.00	258.47	0.90	2.08	2.16	38.73	31.97	95.00	5.23E-07

**PROVA CPT 7 – Comparto F**

Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda

07/01/2010  
9,00 mt  
Quota = 2,50 mt

**TABELLA DEI VALORI DI RESISTENZA**

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	89.0	93.0	89.0	0.0667	1334.33	0.07
0.40	43.0	44.0	43.0	0.4667	92.14	1.09
0.60	27.0	34.0	27.0	0.6	45.0	2.22
0.80	14.0	23.0	14.0	0.4667	30.0	3.33
1.00	15.0	22.0	15.0	2.1333	7.03	14.22
1.20	47.0	79.0	47.0	0.6667	70.5	1.42
1.40	71.0	81.0	71.0	0.6	118.33	0.85
1.60	110.0	119.0	110.0	3.4667	31.73	3.15
1.80	82.0	134.0	82.0	2.8667	28.6	3.5
2.00	77.0	120.0	77.0	1.4	55.0	1.82
2.20	28.0	49.0	28.0	2.0667	13.55	7.38
2.40	18.0	49.0	18.0	1.1333	15.88	6.3
2.60	15.0	32.0	15.0	1.2667	11.84	8.44
2.80	16.0	35.0	16.0	1.5333	10.44	9.58
3.00	16.0	39.0	16.0	1.3333	12.0	8.33
3.20	18.0	38.0	18.0	1.2	15.0	6.67
3.40	13.0	31.0	13.0	1.0667	12.19	8.21
3.60	16.0	32.0	16.0	1.2	13.33	7.5
3.80	16.0	34.0	16.0	1.2	13.33	7.5
4.00	14.0	32.0	14.0	1.1333	12.35	8.1
4.20	16.0	33.0	16.0	1.0667	15.0	6.67
4.40	19.0	35.0	19.0	0.6667	28.5	3.51
4.60	11.0	21.0	11.0	0.3333	33.0	3.03
4.80	19.0	24.0	19.0	2.6667	7.12	14.04
5.00	47.0	87.0	47.0	1.0	47.0	2.13
5.20	114.0	129.0	114.0	2.2667	50.29	1.99
5.40	101.0	135.0	101.0	2.0	50.5	1.98
5.60	111.0	141.0	111.0	2.6667	41.62	2.4
5.80	131.0	171.0	131.0	2.6667	49.12	2.04
6.00	127.0	167.0	127.0	2.6	48.85	2.05
6.20	139.0	178.0	139.0	2.2	63.18	1.58
6.40	122.0	155.0	122.0	1.8667	65.36	1.53
6.60	123.0	151.0	123.0	2.4	51.25	1.95
6.80	68.0	104.0	68.0	1.8667	36.43	2.75
7.00	81.0	109.0	81.0	1.8	45.0	2.22
7.20	65.0	92.0	65.0	0.8	81.25	1.23
7.40	101.0	113.0	101.0	2.6	38.85	2.57
7.60	107.0	146.0	107.0	2.0667	51.77	1.93
7.80	139.0	170.0	139.0	2.4	57.92	1.73
8.00	166.0	202.0	166.0	1.7333	95.77	1.04
8.20	166.0	192.0	166.0	3.2667	50.82	1.97
8.40	118.0	167.0	118.0	2.5333	46.58	2.15
8.60	169.0	207.0	169.0	2.6667	63.37	1.58
8.80	194.0	234.0	194.0	2.6	74.62	1.34
9.00	168.0	207.0	168.0	0.0		0.0

TABELLA DI INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.40	66.0	0.2667	2.22	Incoerente	Ghiaia sciolta
0.60	27.0	0.6	2.22	Incoerente	Sabbie limose
1.00	14.5	1.3	2.22	Coesivo	Argille plastiche
1.20	47.0	0.6667	2.22	Incoerente	Sabbia
2.00	85.0	2.0834	2.22	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
2.20	28.0	2.0667	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
2.60	16.5	1.2	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
2.80	16.0	1.5333	2.22	Coesivo	Argille plastiche
3.20	17.0	1.2667	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
3.40	13.0	1.0667	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso addensato
4.20	15.5	1.15	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso molto addensato
4.40	19.0	0.6667	2.22	Incoerente-Coesivo	Limo argilloso-sabbioso
4.60	11.0	0.3333	2.22	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
4.80	19.0	2.6667	2.22	Coesivo	Argilla torbosa molto consistente
5.60	93.25	1.9834	2.22	Incoerente	Sabbie limose
6.60	128.4	2.3467	2.22	Incoerente	Sabbie limose
6.80	68.0	1.8667	2.22	Incoerente	Sabbia argilloso-limosa
7.00	81.0	1.8	2.22	Incoerente	Sabbie limose
7.20	65.0	0.8	2.22	Incoerente	Sabbia
7.60	104.0	2.3334	2.22	Incoerente	Sabbie limose
8.40	147.25	2.4833	2.22	Incoerente	Sabbie limose
8.80	181.5	2.6334	2.22	Incoerente	Sabbie addensate

# TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT 7

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo; I: Incoerente; CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm²)
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione (Kg/cm²)
Puv:	Peso unità di volume (t/m³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm²)
K:	Permeabilità (cm/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	K
1	0.40	I	--	--	258.90	362.16	>9	1.90	2.20	98.34	45.00	165.00	1.00E-03
2	0.60	I	--	--	105.91	209.76	5.66	1.80	2.10	59.92	40.11	67.50	1.83E-04
3	1.00	C	0.75	537.09	48.42	143.47	1.90	1.92	2.00	--	--	--	1.00E-11
4	1.20	I	--	--	184.37	294.31	4.48	1.90	2.20	64.47	39.22	117.50	4.30E-03
5	2.00	I	--	--	333.43	422.70	5.57	1.80	2.10	75.98	40.38	212.50	4.39E-05
6	2.20	CI	1.45	1032.52	56.00	214.47	1.40	2.03	2.11	40.56	33.83	70.00	1.00E-11
7	2.60	CI	0.84	598.77	47.66	155.25	0.72	1.94	2.02	23.63	30.69	41.25	1.00E-11
8	2.80	C	0.81	578.27	48.02	152.36	0.64	1.93	2.01	--	--	--	1.00E-11
9	3.20	CI	0.86	614.40	47.18	158.11	0.64	1.94	2.02	22.41	30.18	42.50	1.00E-11
10	3.40	CI	0.65	463.03	47.81	134.21	<0.5	1.89	1.97	13.97	28.63	32.50	1.00E-11
11	4.20	CI	0.77	554.49	48.27	149.43	0.51	1.92	2.00	17.70	29.07	38.75	1.00E-11
12	4.40	CI	0.95	683.45	44.16	169.23	0.57	1.96	2.04	22.32	29.68	47.50	9.21E-07
13	4.60	I	--	--	43.15	121.19	<0.5	1.80	2.10	6.34	26.92	27.50	8.23E-06
14	4.80	C	0.95	681.62	44.16	169.23	0.54	1.96	2.04	--	--	--	1.00E-11
15	5.60	I	--	--	365.79	447.32	2.45	1.80	2.10	65.65	36.72	233.13	1.91E-04
16	6.60	I	--	--	271.83	543.87	3.00	1.80	2.10	73.08	37.73	321.00	6.53E-04
17	6.80	I	--	--	266.74	368.83	1.48	1.80	2.10	54.00	34.36	170.00	1.25E-05
18	7.00	I	--	--	317.74	410.43	1.73	1.80	2.10	58.65	35.10	202.50	1.32E-04
19	7.20	I	--	--	254.97	358.80	1.35	1.90	2.20	52.08	33.94	162.50	8.87E-03
20	7.60	I	--	--	223.98	478.15	2.10	1.80	2.10	64.99	36.05	260.00	1.04E-04
21	8.40	I	--	--	308.81	591.34	2.79	1.80	2.10	73.99	37.45	368.13	1.18E-03
22	8.80	I	--	--	375.98	671.94	3.25	1.90	2.20	79.11	38.19	453.75	3.16E-03

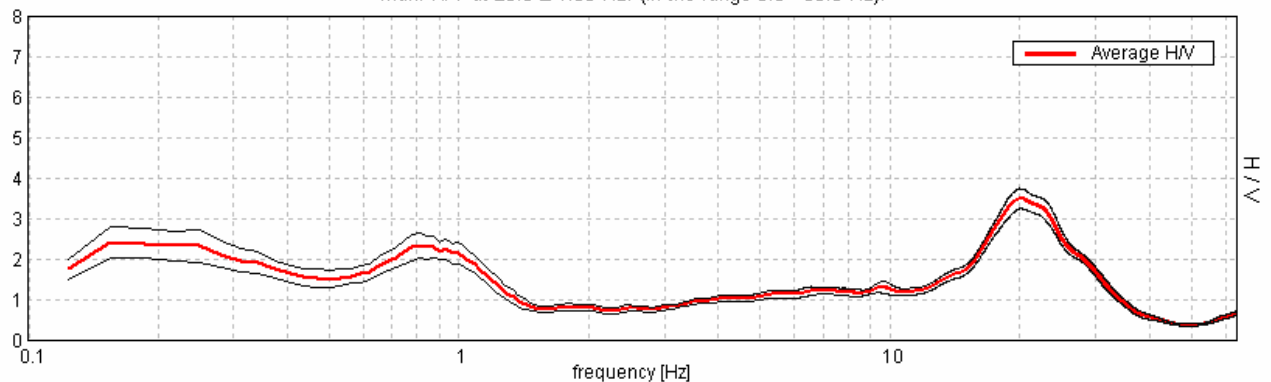
## **REPORT INDAGINI GEOFISICHE**

## OSTIGLIA (MN), STUDIO PGT – Area trasformazione b

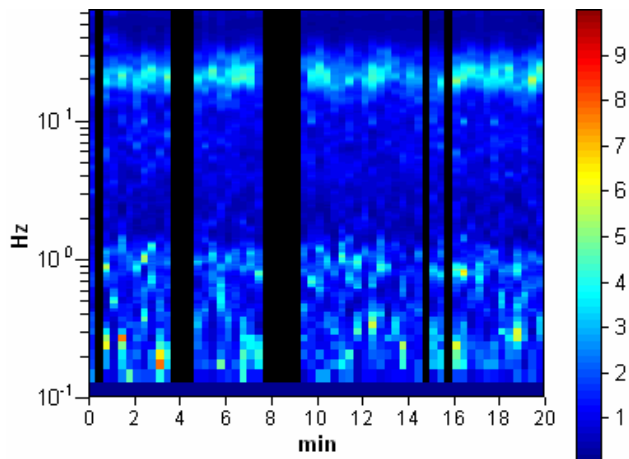
Start recording: 29/12/09 14:00:24      End recording: 29/12/09 14:20:25  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 011°07.5555 E, 45°04.5899 N (57.9 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 05  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 82% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $20.0 \pm 1.65$  Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).

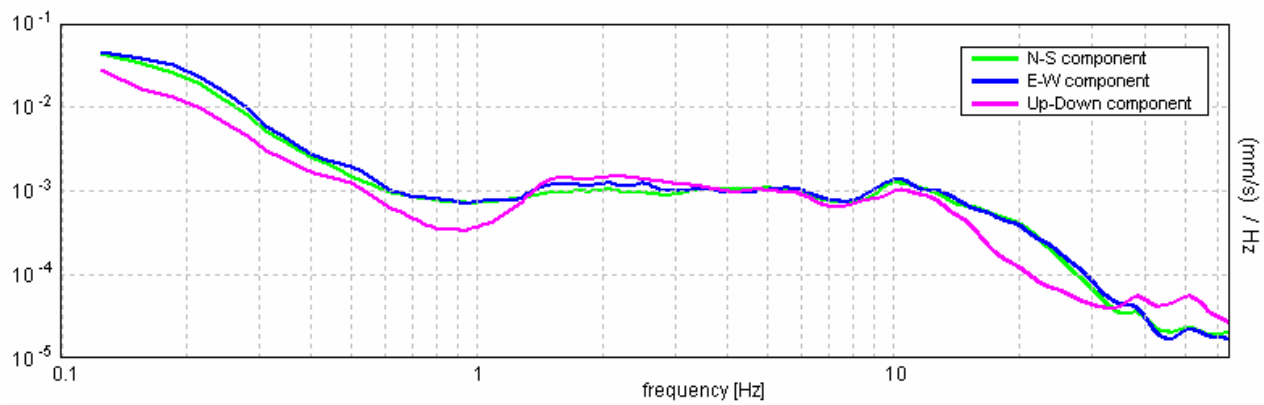


### H/V TIME HISTORY

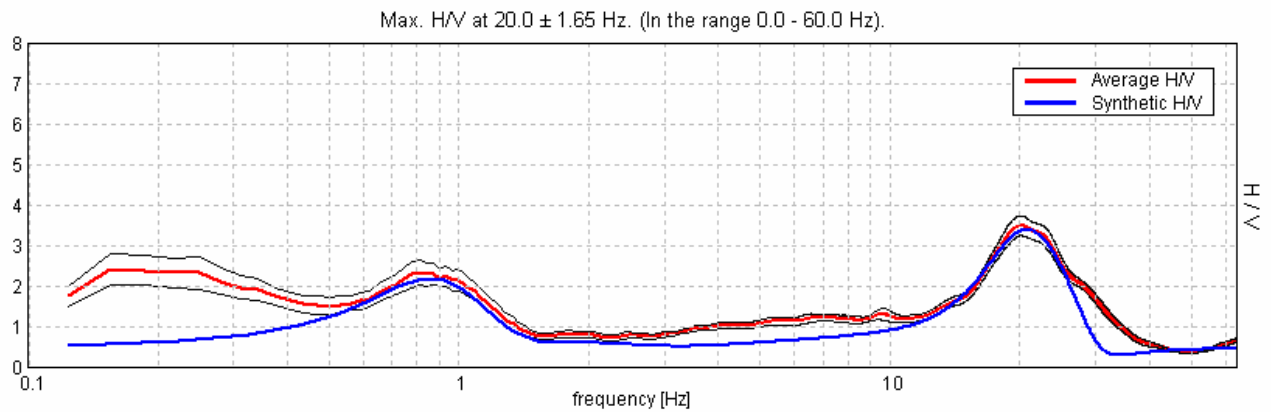




SINGLE COMPONENT SPECTRA

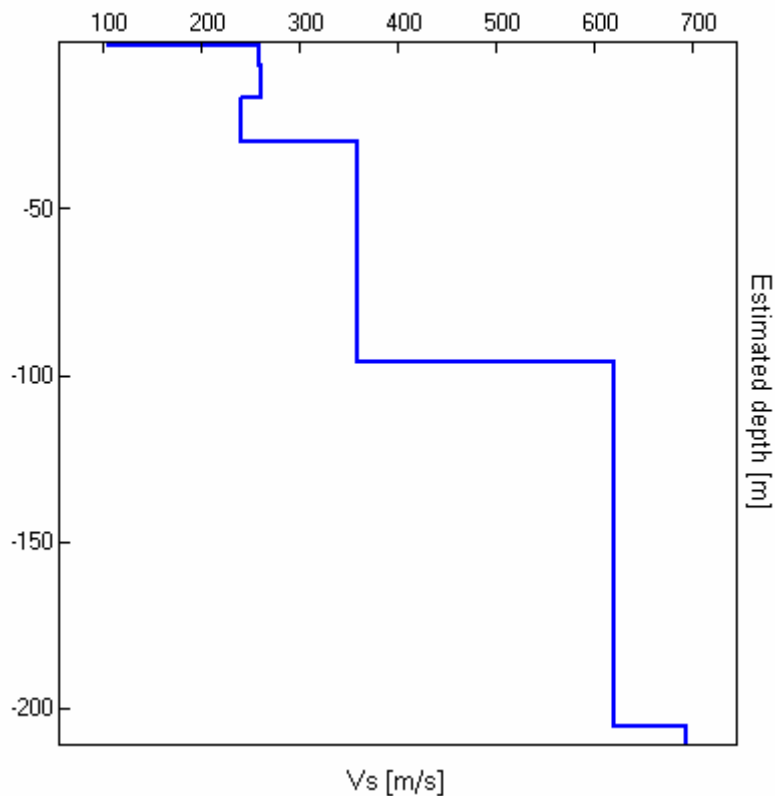


## EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.30	1.30	105
6.80	5.50	258
16.80	10.00	260
29.80	13.00	240
95.80	66.00	360
205.80	110.00	620
inf.	inf.	695

$V_s(0.0-30.0) = 236$  m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at 20.0 ± 1.65 Hz. (in the range 0.0 - 60.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$20.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$19600.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 961 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	14.938 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	29.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.50 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04068  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.81362 < 1.0$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1221 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

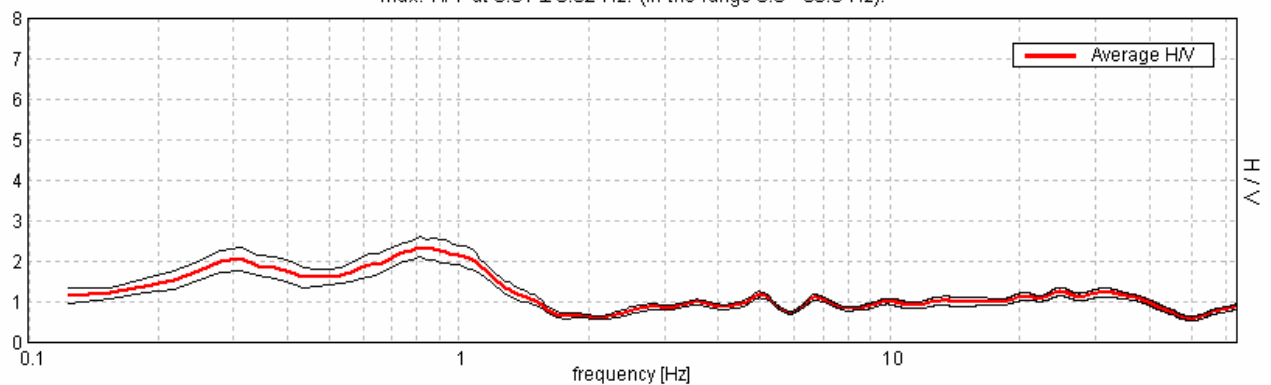
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## OSTIGLIA (MN), STUDIO PGT – Area Trasformazione f

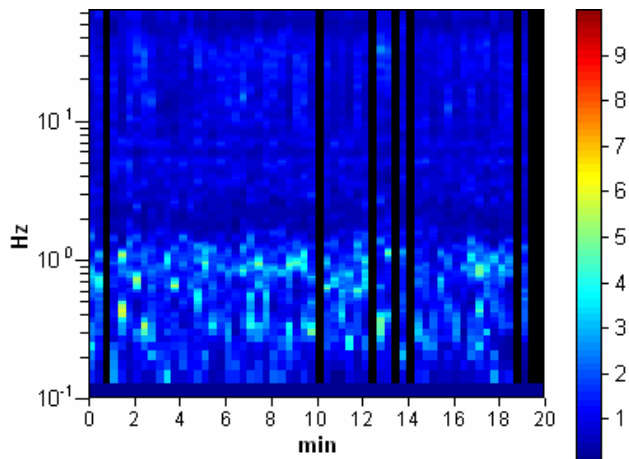
Start recording: 07/01/10 13:36:26      End recording: 07/01/10 13:56:27  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 011°08.4109 E, 45°04.3503 N (53.5 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 06  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 87% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

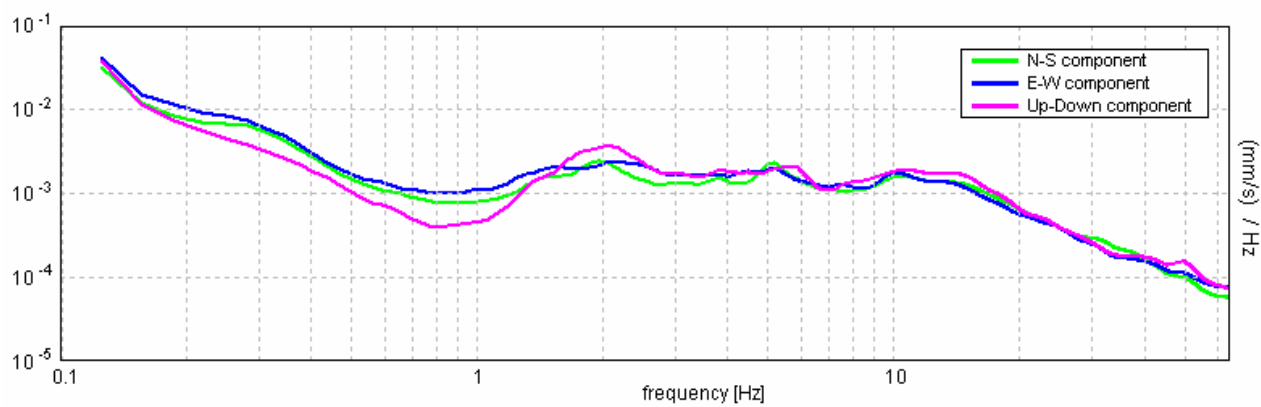
Max. H/V at  $0.81 \pm 0.02$  Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



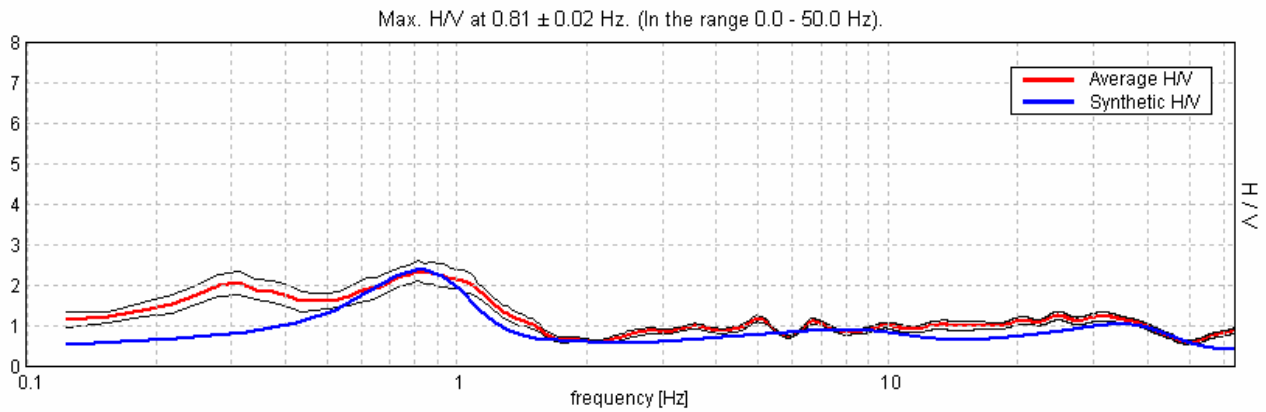
### H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

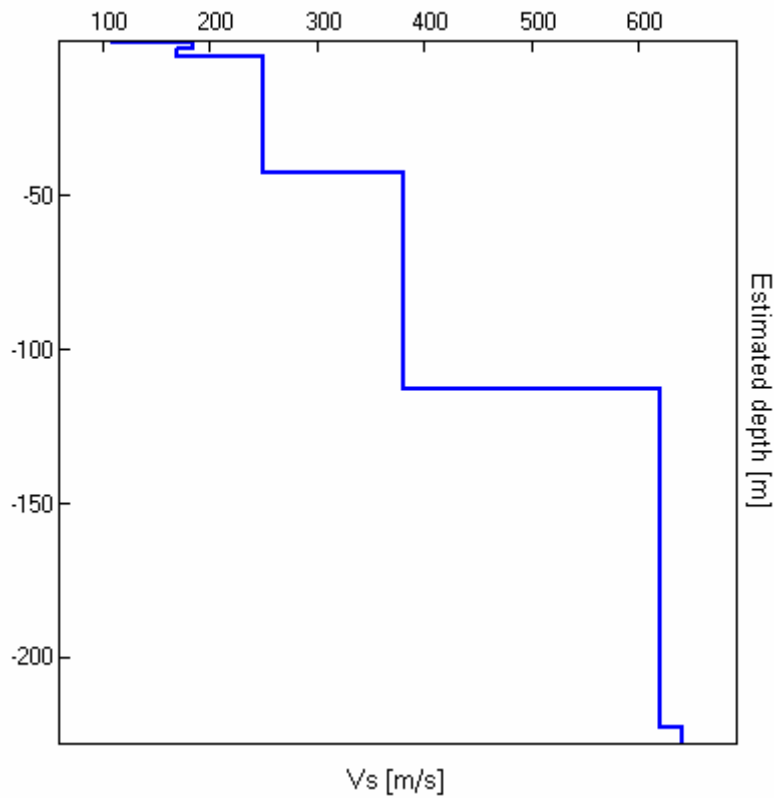


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.75	0.75	110
2.25	1.50	185
4.75	2.50	170
42.75	38.00	250
112.75	70.00	380
222.75	110.00	620
inf.	inf.	640

$V_s(0.0-30.0) = 230$  m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $0.81 \pm 0.02$  Hz. (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$845.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 40 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.36 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01327  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01078 < 0.12188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1218 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

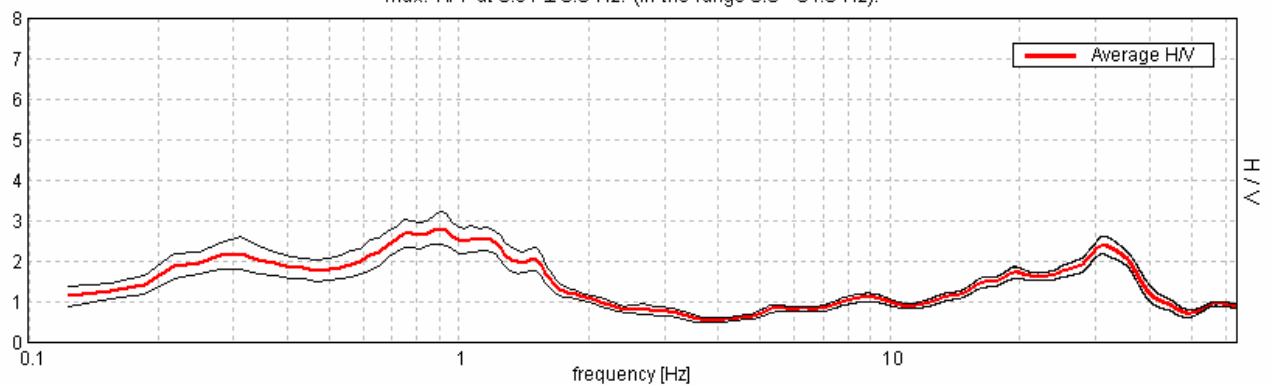
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## OSTIGLIA (MN), STUDIO PGT – Area trasformazione h

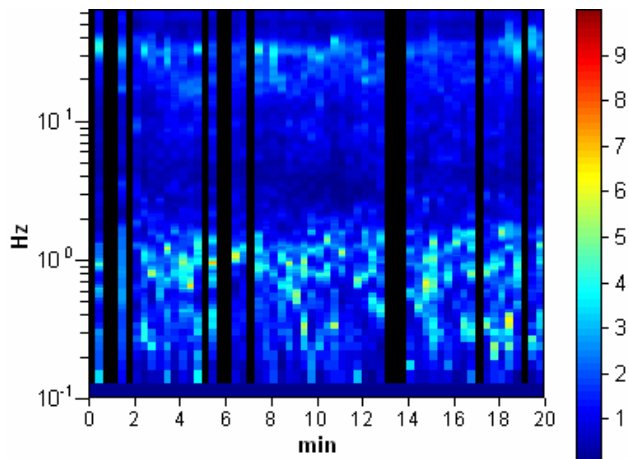
Start recording: 07/01/10 11:14:19      End recording: 07/01/10 11:34:20  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 011°10.0535 E, 45°03.8794 N (51.3 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 06  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 78% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at  $0.91 \pm 3.3$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

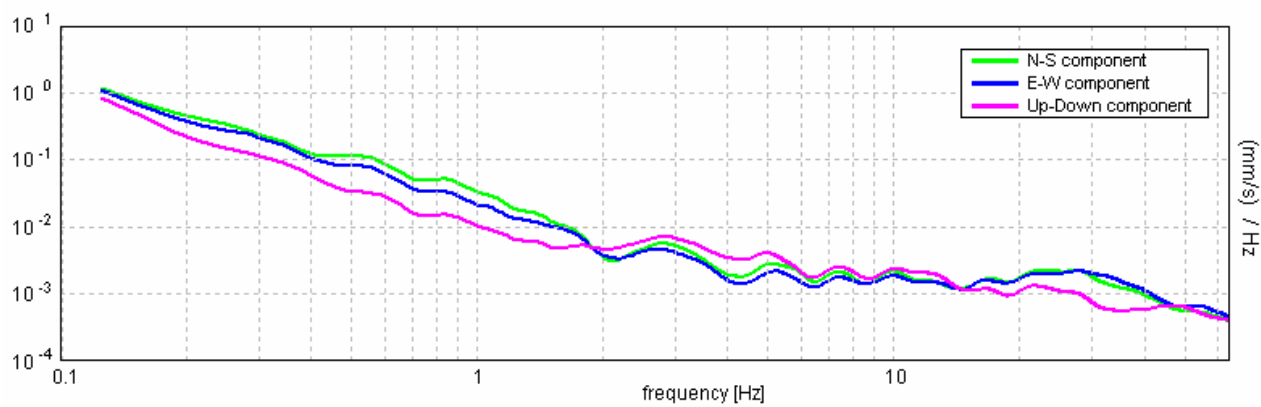


### H/V TIME HISTORY

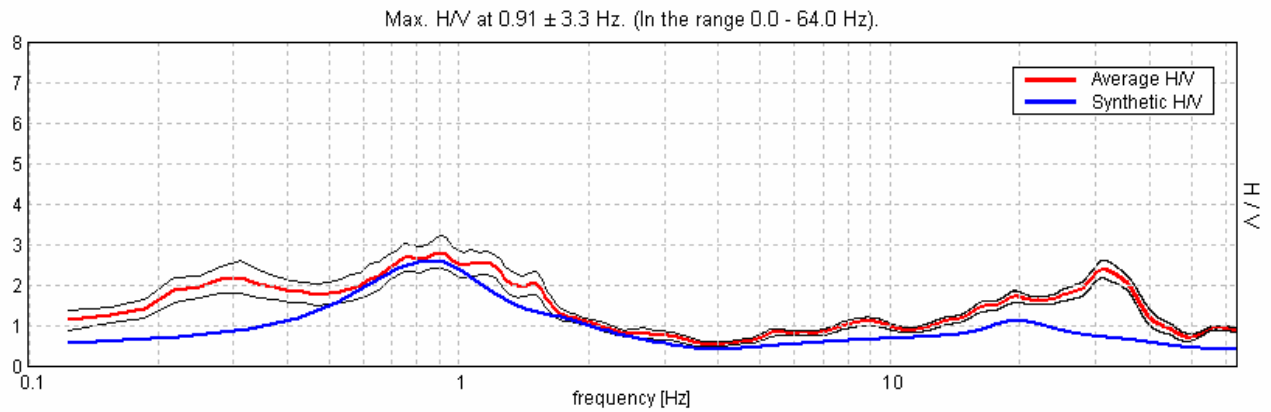




SINGLE COMPONENT SPECTRA

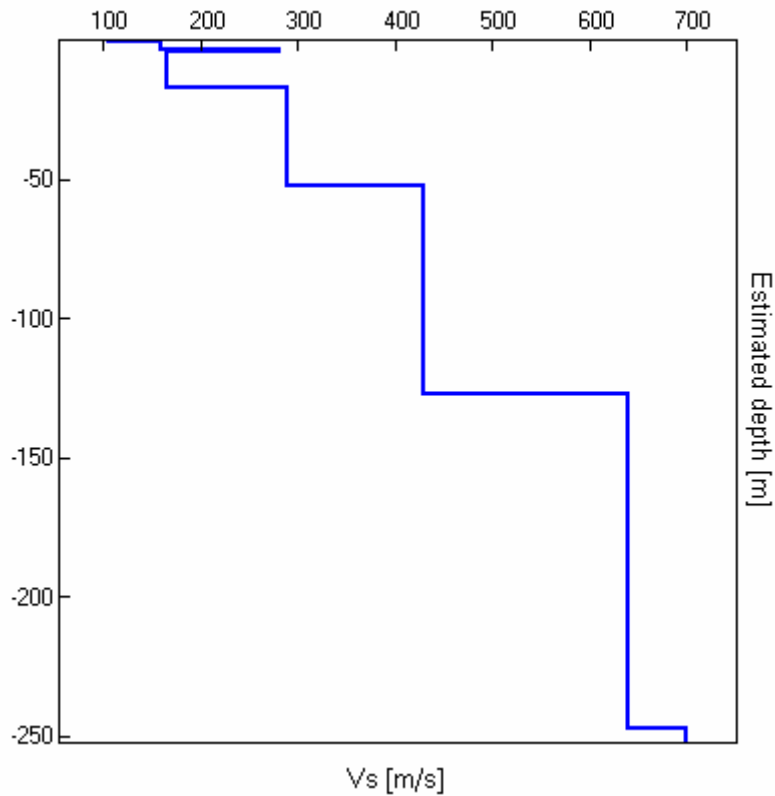


## EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	105
3.00	2.20	160
4.00	1.00	280
17.00	13.00	165
52.00	35.00	290
127.00	75.00	430
247.00	120.00	640
inf.	inf.	700

$V_s(0.0-30.0) = 202$  m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $0.91 \pm 3.3$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$851.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 44 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.83 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.79028  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.62244 < 0.13594$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1929 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

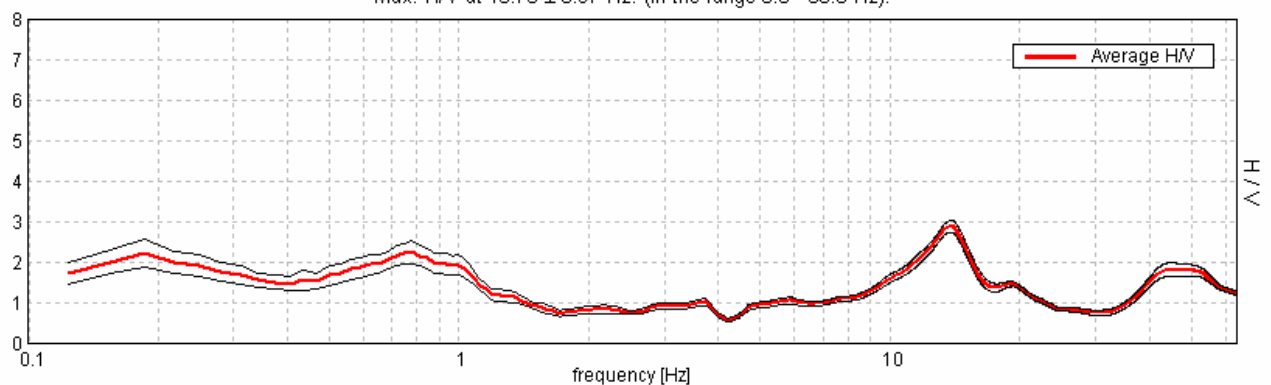
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## OSTIGLIA (MN), Comparto produttivo Canal Bianco

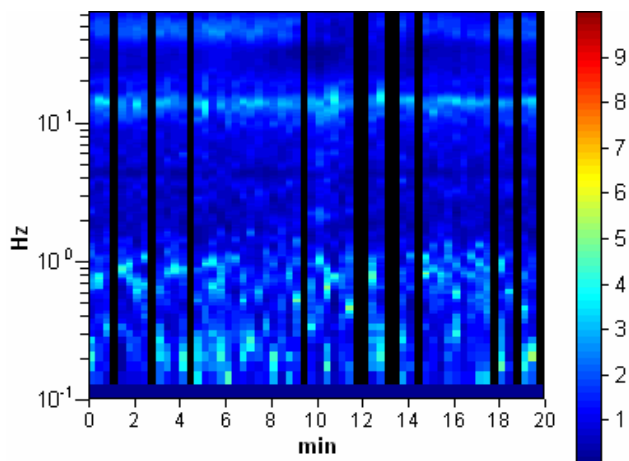
Start recording: 30/11/08 16:24:13      End recording: 30/11/08 16:44:14  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 011°08.7252 E, 45°05.4244 N (56.9 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 06  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 80% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

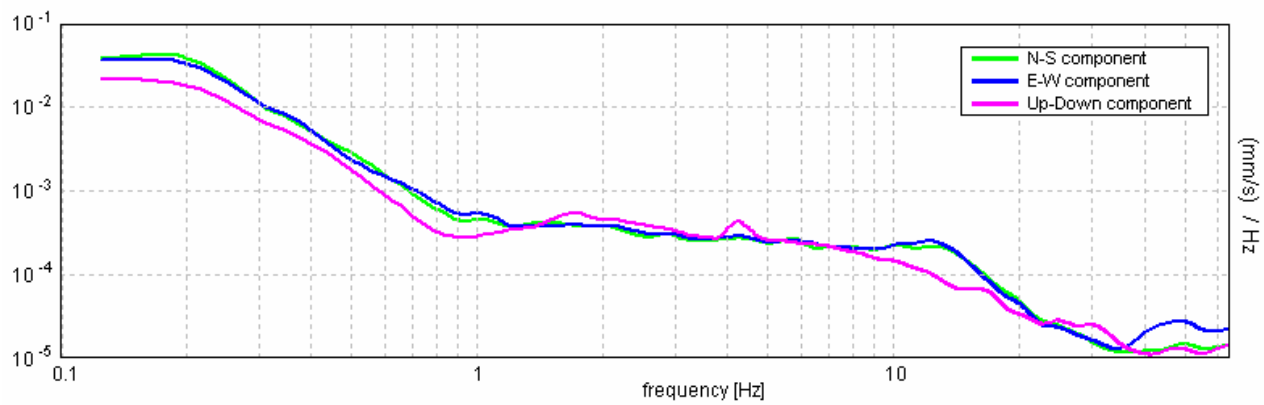
Max. H/V at  $13.75 \pm 0.97$  Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



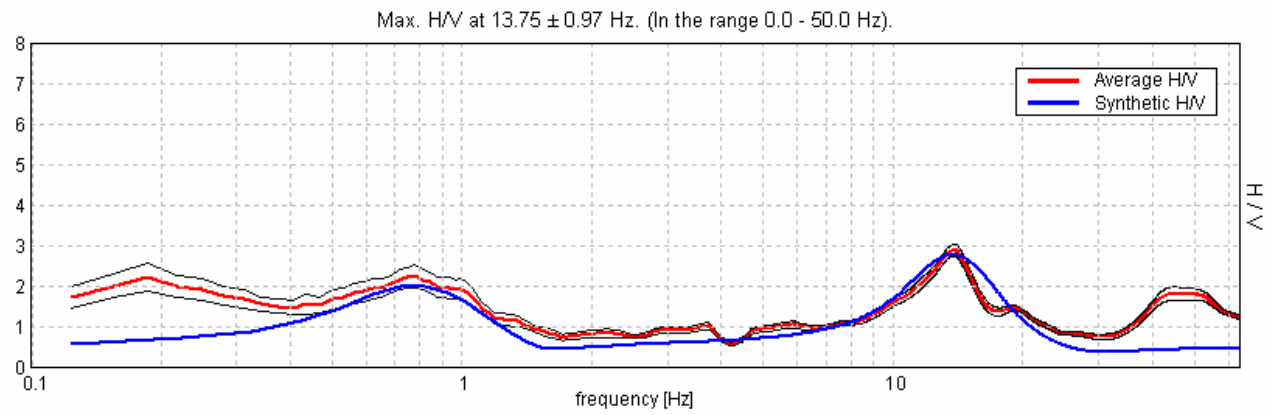
### H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

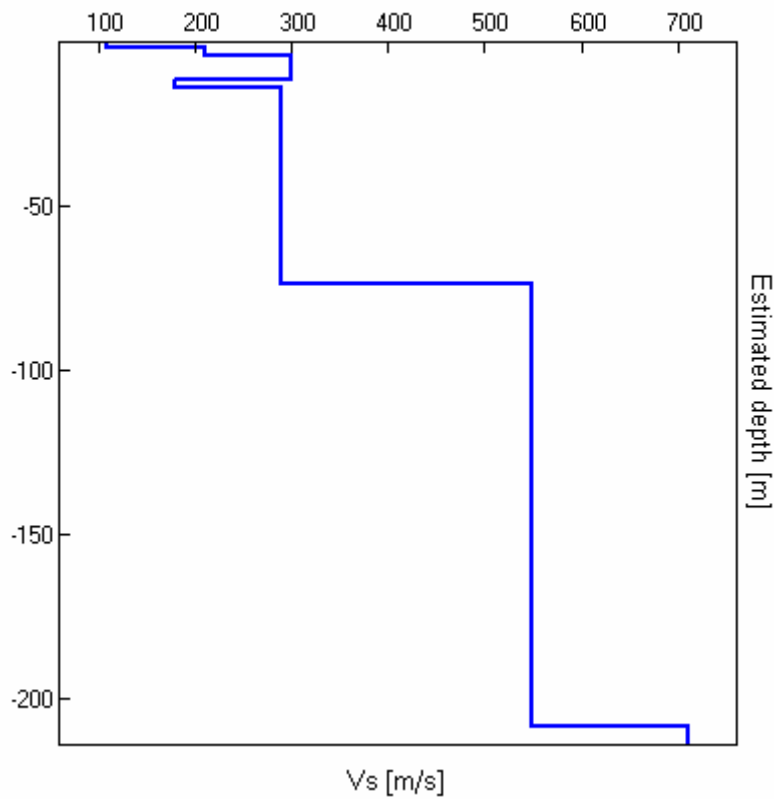


EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
1.50	1.50	110
4.10	2.60	210
11.10	7.00	300
13.60	2.50	180
73.60	60.00	290
208.60	135.00	550
inf.	inf.	710

Vs(0.0-30.0) = 250 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $13.75 \pm 0.97$  Hz. (in the range 0.0 - 50.0 Hz).**

### Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13200.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 661 times	OK	

### Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.469 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.89 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03468  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47684 < 0.6875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0716 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20