 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595



**Dr. Geol. Francesco SERRA – GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –**

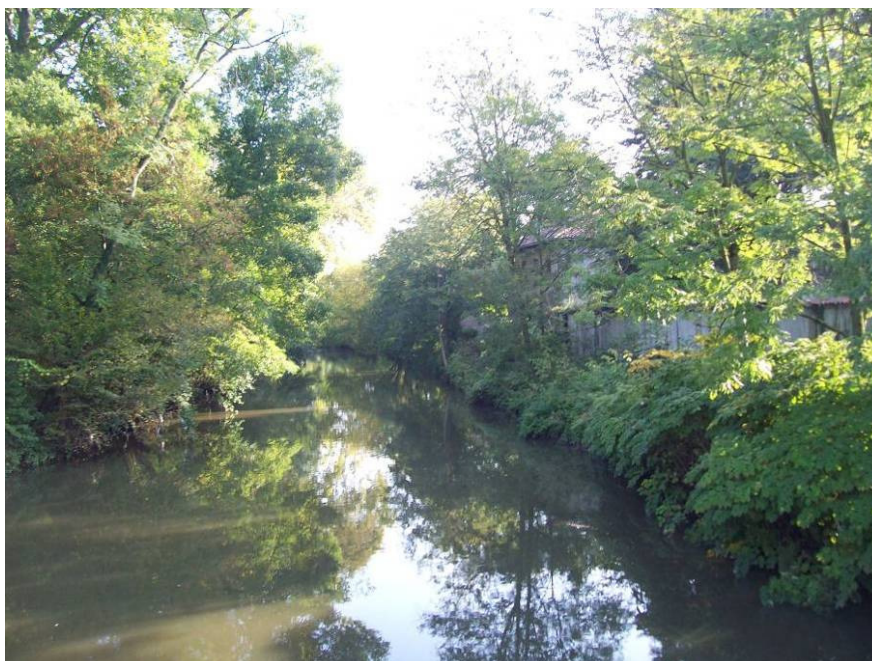
**Via Dante Alighieri, 6 – 26027 Rivolta d'Adda (CR)**

**Tel., Fax: 0363.79065; Cell.: 348-2268926; e-mail : [geoserra@serrafra.191.it](mailto:geoserra@serrafra.191.it)**

**CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190**

**A.I.P.O. Agenzia Interregionale per il PO**

**(MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume  
Lambro nel centro abitato di Monza in comune di Monza**




# Relazione geologica Relazione geotecnica Relazione sismica

*ai sensi delle normative vigenti*  
DOCUMENTO A-02-00

15 Ottobre 2015

Comm.1595


  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

## INDICE GENERALE

<b>1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE .....</b>	<b>9</b>
3.1 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI .....	9
3.2 CRITERI DI SUDDIVISIONE ED ATTRIBUZIONE DELLE UNITÀ .....	13
3.3 LITOLOGIA DI SUPERFICIE – GENERALITÀ .....	14
<b>4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO .....</b>	<b>20</b>
4.1 ASPETTI IDROGEOLOGICI .....	20
4.2 SITUAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE .....	21
4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TECNICO.....	24
<b>5. INDAGINI ESEGUITE E MODELLO GEOLOGICO .....</b>	<b>27</b>
5.1 ANALISI STRATIGRAFICA E SEZIONI GEOLOGICHE .....	29
<b>6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>32</b>
6.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SPT.....	32
6.2 UNITÀ GEOTECNICHE.....	38
6.3 STATO LIMITE ULTIMO.....	40
<b>7. ASPETTI SISMICI .....</b>	<b>41</b>
7.1 CALCOLO DELLE VS <sub>30</sub> .....	42
<b>8. INDICAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>46</b>

***Allegato A –Indagini geognostiche e tabulati SPT***

***Allegato B – Indagini sismiche***


  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

## 1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Nella presente relazione si considerano le problematiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche relative ai terreni interessati dalla realizzazione di una serie di interventi di sistemazione idraulica lungo il tratto di fiume Lambro che scorre nel territorio comunale di Monza (MB); si tratta di diversi interventi che costituiscono il primo lotto di una più completa sistemazione di questo tratto del fiume definiti sulla base della convenzione fra AIPO e Regione Lombardia.


In particolare gli interventi a cui questo studio si riferiscono sono i seguenti (da nord a sud) :

- Realizzazione di un muro spondale di circa 60 metri a completamento di quello esistente appena a nord di via Montecassino, a protezione della Basilica delle Grazie vecchie (sponda sinistra Lambro)
- Intervento a valle del ponte di via Cantore; sovrizzo di un muro spondale esistente in sponda sinistra e protezione con panconatura dell'accesso da via Fabio Filzi
- Protezione con cancellata a tenuta idraulica dell'accesso al termine di via Fabio Filzi
- Derivazione Lambretto. Opere di manutenzione e ripristino strutture esistenti
- Intervento a Monte del Ponte di San Gerardino, rifacimento del rivestimento del fondo alveo c.a.
- Intervento lungo via Tintori, installazione di barriere mobili con la chiusura temporanea degli accessi a rischio esondazione per portate maggiori di 75 mc/s
- Intervento lungo via Spalto Piodo e via Santa Maddalena, risanamento del muro spondale
- Intervento presso la roggia Lupo, installazione di panconatura a chiusura della rampa di discesa all'alveo del Lambro
- Sigillatura con malta a tenuta delle crepe presenti lato fiume sul muro spondale lungo via Ghillini

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
Revisione			
		Nome file	Relazione 1595
<div><div>➤ Messa dimora di panconi nel manufatto di alimentazione della Roggia Lupa a difesa della sponda sinistra e delle aree circostanti e locale sovrizzo della sponda sinistra</div><div>➤ Ripristino della difesa spondale e della continuità arginale in vicinanza canale Villoresi</div><div>➤ Tagli selettivo vegetazione</div></div> <p>Per l'ubicazione indicativa degli interventi e si veda la corografia riportata in <b>figura 1.</b></p> <p>Per quanto riguarda i riferimenti progettuali specifici ed i relativi dettagli si rimanda al progetto definitivo/esecutivo a cui questo studio è allegato, redatto dalle società di ingegneria MMI srl di Milano e Nord Milano Consult srl di Busto Arsizio.</p> <p>Il presente studio è stato realizzato sulla base di passi conseguenti così riassumibili:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>raccolta di dati bibliografici relativi al territorio ed ad un suo ragionevole intorno e sintesi di tutte le informazioni utili per un corretto inquadramento generale dell'area dal punto di vista geologico-tecnico ed ambientale</li><li>valutazione delle problematiche relative a tematiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche individuate che possono prevedibilmente interagire od interessare le aree e/o le opere in progetto</li><li>analisi della campagna geognostica in sito e laboratorio realizzata dalla società <i>Eurogeo srl</i> nell'aprile 2015 (allegato A) e finalizzata alla caratterizzazione geologica geotecnica ed ambientale dei siti di interesse</li><li>esecuzione di un'apposita campagna di indagine geofisica eseguita dalla società <i>SIGNA srl</i> (allegato B) sotto la supervisione dello scrivente per la raccolta di dati geofisici sito-specifici</li><li>sintesi ed interpretazione dei dati raccolti che hanno, unitamente con le informazioni pregresse, consentito di riconoscere i caratteri geologici si specifici e peculiari delle aree in oggetto.</li><li>identificazione del modello geologico ed idrogeologico</li></ul>			

Pag. 5 di 76



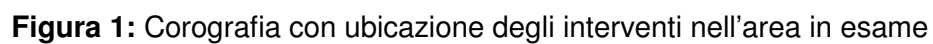
 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595
<ul style="list-style-type: none"><li>• identificazione del modello geotecnico</li><li>• identificazione del modello sismico</li></ul> <p>Si è quindi proceduto alla redazione della presente relazione geologica, geotecnica e sismica ai sensi della normativa vigente ed in particolare ai sensi del D.M. 14.01.08 (Aggiornamento del D.M.14.09.2005 “Norme Tecniche per le costruzioni”) e smi.</p> <p>Nei capitoli seguenti si illustreranno, dopo un breve inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico, le indagini geognostiche utilizzate e si procederà alla caratterizzazione geotecnica dei terreni in funzione delle interazioni terreno-strutture, sino a fornire indicazioni relative alle tipologie fondazionali ed agli accorgimenti da adottare in sede progettuale ed esecutiva.</p>			


Pag. 6 di 76



Data	15/10/2015
N. Commessa	1595
C. Documento	A-02-00
Revisione	
Nome file	Relazione 1595

### ***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***




 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. 14.01.08:** "Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni",aggiornamento al DM 14.09.05 "Norme tecniche per le costruzioni" e smi
- **D.M. 11.03.88:** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **Associazione Geotecnica Italiana** "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" giugno 1977;
- **D.M. 16 gennaio 1996** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e smi;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003** recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- **Deliberazione Giunta regionale 11 luglio 2014 n. X/2129** " Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000 art. 3, c. 108, lett d) . BURL serie ordinaria n. 29 del 16 luglio 2014
- **Deliberazione Giunta Regionale n. X/4144 del 08 ottobre 2015** "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. D)", BURL Serie Ordinaria n. 42 del 13 ottobre 2015
- **D.Lgs 152/2006** " Nuovo codice ambiente" con successive integrazioni e modificazioni e smi, in particolare D.Lgs. 4/2008 e art. 41 bis DL 69/2013 conv. L. 98/2013

Pag. 8 di 76

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

### 3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

#### 3.1 Aspetti geologici generali

Il territorio comunale di Monza, si sviluppa nel settore centro settentrionale della pianura Lombarda, nel contesto del territorio definito come 'Alta Pianura' fra le colline della Brianza e la fascia di transizione ("fascia dei fontanili") su cui è ubicato il territorio di Milano.

Geologicamente risulta contraddistinto dalla presenza di depositi fluvio-glaciali sciolti e grossolani di diversa età ma tutti risalenti a tempi geologici relativamente recenti (quaternario).


Tali depositi, costituiti prevalentemente da sabbie ghiaie e ciottoli con locali intercalazioni di depositi più fini, formano diverse strutture geologiche distinguibile in base all'età, alla posizione ed alla loro posizione morfologica.

Sostanzialmente si tratta di depositi dovuti allo smantellamento delle cerchie moreniche poste più a nord e portati a valle dalle acque di fusione dei ghiacciai (scaricatori fluvioglaciali) in diverse fasi all'interno dei diversi cicli glaciali-interglaciali.


La continuità areale di questi depositi risulta interrotta dal corso del fiume Lambro posto nel settore orientale del territorio comunale di Monza, che con la sua valle attuale e le valli corrispondenti ai diversi corsi che il fiume aveva assunto precedentemente (paleoalvei) interrompono con depositi alluvionali più recenti, a direzione all'incirca nord sud, i depositi morenici e fluvio-glaciali dei diversi periodi.

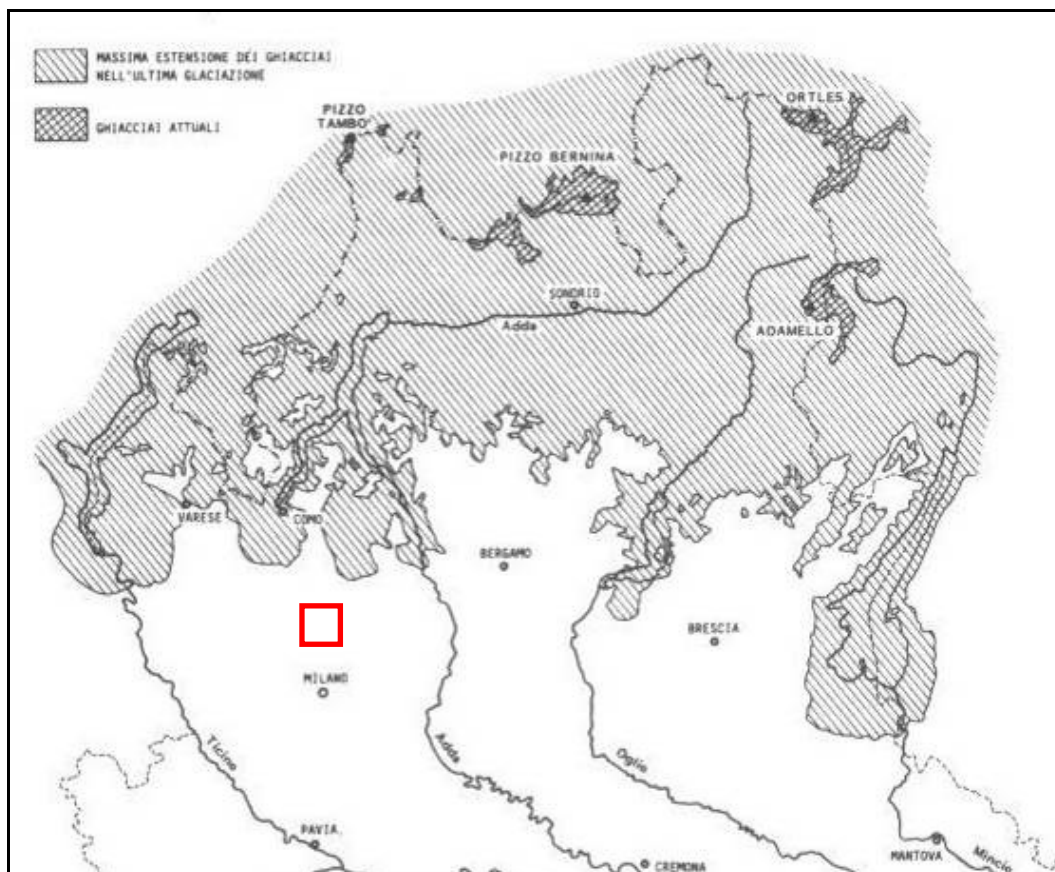
Questi depositi costituiti quindi dalle alluvioni recenti del fiume Lambro, dai depositi fluvio-glaciali del Livello Fondamentale della Pianura e dai terrazzi fluvio-glaciali e morenici più antichi si sovrappongono ai sottostanti depositi plio-pleistocenici che formano la maggior parte dei sedimenti profondi della Pianura Padana.

Questi ultimi sono formazioni legate a diversi cicli marini; bacini marini che ciclicamente si approfondivano in mari aperti e si riducevano poi a complessi lagunari fino a propri periodi di emersione con la presenza di depositi continentali.

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595
<p>In particolare, come ben evidente anche dall’osservazione delle stratigrafie dei pozzi pubblici idropotabili presenti sul territorio, al di sotto dei depositi sciolti quaternari (alluvioni e depositi fluvio-glaciali di diversa età) si incontra dapprima uno discreto spessore di depositi cementati da ascrivere a grossi conoidi di deposizione in ambiente continentale al margine del bacino marino in chiusura (unità nota con il nome di formazione del ‘Ceppo’: di ciottoli ghiaia e sabbie generalmente ben cementate con cemento calcareo).</p> <p>Al di sotto del Ceppo si riconoscono dapprima dei termini lagunari (Pliocene e Pleistocene inferiore) costituiti da alternanze di sabbie fini con argille e limi, con spessori medi dell’ordine degli ottanta metri a cui seguono i depositi marini delle Argille Plioceniche.</p> <p>L’insieme delle coltri quaternarie e plioceniche poggiano sul substrato roccioso appartenente alle formazioni calcaree e calcareo-marnose formatesi nel giurassico e nel cretacico che affiorano in prossimità dei rilievi montuosi posti più a nord ma che sono molto in profondità nella pianura Padana.</p> <p>A causa delle modalità con cui si sono formati e depositati i materiali appartenenti all’ambiente fluvio-glaciale ed alluvionale, sussistono variazioni delle granulometrie sia in senso verticale che areale: questo è dovuto da una parte alla variazione delle condizioni climatiche durante i periodi glaciale-interglaciale; la variabilità litologica è anche da correlare alle modificazioni del regime idraulico degli scaricatori glaciali che partivano dal limitare dei ghiacci e che hanno nelle collinette moreniche della Brianza la testimonianza del loro massimo avanzamento , come visibile nella figura 2 seguente.</p> <p>A valle dei ghiacciai si aveva un clima sub artico con la presenza di permafrost, queste condizioni sono all’origine del fenomeno degli occhipollini, segnalato e diffuso anche nel territorio comunale di Monza.</p>			

Pag. 10 di 76

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  <b>(MB-E-1)</b> <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595




**Figura 2:** Confronto tra l'estensione attuale dei ghiacciai in Lombardia e durante l'ultima massima espansione glaciale.

(da :*"Guide Geologiche Regionali- Alpi e Prealpi Lombarde"* a cura della Soc.Geol.It.- Ed. BEMA 1990)

A partire dal contesto generale precedentemente illustrato, nel territorio in esame si riconoscono diverse tipologie litologiche e genetiche di depositi prodotti e collegati all'ambiente fluvioglaciale sia nel periodo dell'avanzata del ghiacciaio sia nella fase del loro arretramento sia dei successivi episodi alluvionali post-glaciali.

L'identificazione su terreno dei vari depositi ed i loro limiti vanno intesi come indicativi il riconoscimento delle unità è stato fatto non solo utilizzando il criterio litostratigrafico ma anche quello morfostratigrafico, in quanto quest'ultimo meglio evidenzia le modalità con cui si sono formati i depositi presenti e la successione temporale degli eventi.



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595


Le dinamiche deposizionali caratteristiche dei terreni fluvio-glaciali ed alluvionali comportano una incisione dei depositi precedenti ed una rideposizione di nuovi sedimenti con la formazione di sequenze terrazzate, in cui le unità più giovani risultano “incastrate” all’interno di quelle più antiche, poste di norma ad un livello altimetrico superiore.

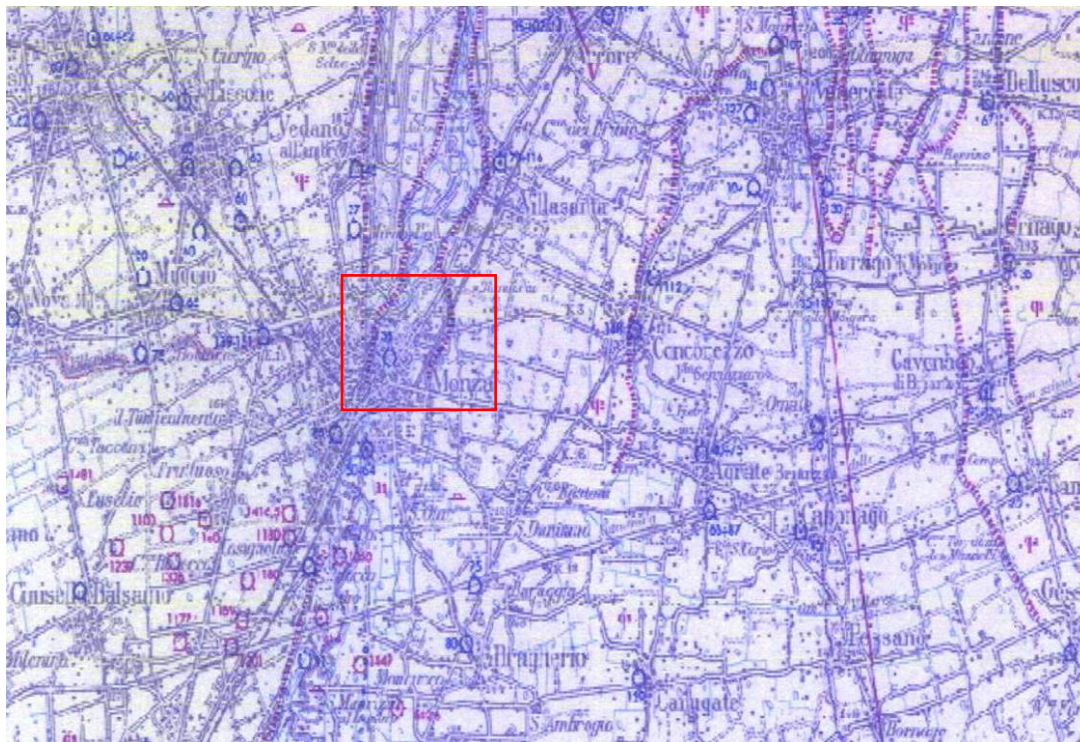
Sebbene la situazione geologica generale risulta di facile comprensione, analizzando le litologie esistenti si nota che, a causa delle modalità con cui si sono formati questi depositi alluvionali e fluvio-glaciali, sussistono importanti variazioni locali delle granulometrie sia in senso orizzontale che verticale.

A questo va aggiunto un ulteriore elemento per comprendere l’attuale contesto geologico: il primo livello naturale risulta spesso fortemente rimaneggiato, asportato o coperto da depositi di origine antropica; l’uomo da millenni contribuisce a modificare il territorio, non solo a fini edificatori ma anche per la sistemazione dei fondi agricoli e la regimazione delle acque superficiali: i caratteri che contraddistinguevano, soprattutto in superficie, le formazioni geologiche presenti, risultano quindi spesso obliterati o intensamente modificati.

Le caratteristiche geologiche sopra descritte, vengono ben evidenziate nella seguente figura 3 tratta dalla Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000, nella quale vengono riportate le formazioni geologiche che contraddistinguono il territorio in esame.

Pag. 12 di 76

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  <b>(MB-E-1)</b> <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595




**Figura 3:** Carta geologica di inquadramento con ubicazione dell'area in oggetto, (*tratta dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, fg.Milano*).

### **3.2 Criteri di suddivisione ed attribuzione delle unità**

Come già precedentemente accennato, il territorio in oggetto da un punto di vista geologico, è formato da terreni “relativamente recenti”, che si sono depositi nel cosiddetto periodo “Quaternario”.

I corpi sedimentari continentali di età quaternaria presentano particolarità che rendono problematica la scelta delle unità stratigrafiche da utilizzare.

Questa complessità sta infatti alla base delle diverse dispute accademiche che esistono nell'attribuzione delle unità del quaternario: se da un lato risulta troppo schematico l'utilizzo del metodo “classico”, basato sulla suddivisione stratigrafica dei

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

depositi in funzione del numero di glaciazioni, (Wurm, Riss, Mindel e Gunz, dalal più recente alla più antica) dall'altro l'utilizzo del metodo "□e posizionale□ico" (Bini et al., 1990), anche se maggiormente indicato per riconoscere l'evoluzione geologica di un determinato territorio in un periodo specifico, risulta tuttavia indipendente dalle caratteristiche interne (litologia) e genetiche del deposito e dunque poco significativo per lo scopo in oggetto.

Infatti l'alloformazione, che rappresenta l'unità fondamentale della classificazione □e posizionale□ico, comprende *"i sedimenti appartenenti ad un determinato evento □e posizionale"* e dunque è contraddistinta da caratteristiche interne (litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, ecc..) che possono variare lateralmente e verticalmente attraverso l'unità.


Peraltro il criterio litostratigrafico consente di classificare in modo sufficientemente preciso anche i depositi attuali e recenti.

Tenendo conto del carattere applicativo del presente studio, teso a fornire indicazioni da un punto di vista geologico tecnico a supporto alla progettazione delle opere relative ai lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza, si è fatto ricorso alla suddivisione dei depositi esistenti in unità litostratigrafiche in quanto ciò permette di individuare in modo univoco terreni con caratteristiche interne omogenee; per quanto riguarda l'allogruppo di riferimento, così come previsto dall'applicazione del modello □e posizionale□ico, probabilmente buona parte delle formazioni in oggetto è da ascriversi quasi totalmente all'Allogruppo di Besnate e, forse, ma parzialmente, all'Alloformazione di Binago.

### 3.3 Litologia di superficie – generalità

Basandoci sulla classificazione classica il territorio di Monza risulta caratterizzato dalla presenza diffusa di una formazione geologica, contraddistinta come **q2** nella Carta Geologica di figura 3 che ufficialmente viene descritta come DILUVIUM RECENTE (livello fondamentale della pianura) : *Ghiaia e sabbia con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo (ferretto) potente fino a 200-250 centimetri.*

Pag. 14 di 76

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595
<p>Tale formazione è tagliata da nord verso sud dai <i>depositi alluvionali del fiume Lambro (a1)</i> sempre a granulometria sabbioso-ghiaiosa.</p> <p>Come si vede bene nella figura, all'interno dell'unità fluvioglaciale q2 è evidente, nell'area di interesse un gradino morfologico con un terrazzo ribassato che dal punto di vista <input type="checkbox"/>e posizionale e dell'età è intermedio alle due unità considerate.</p> <p>Si tratta questo di un elemento interessante, anche se come accennato parzialmente modificato ed obliterato dalle attività antropiche.</p> <p>A questo proposito si riporta di seguito (figura 4 e 5) uno stralcio della carta geologica tratta dallo studio del territorio comunale ed alla relativa legenda che meglio approfondisce questo aspetto che di seguito commenteremo.</p>			

Pag. 15 di 76





Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

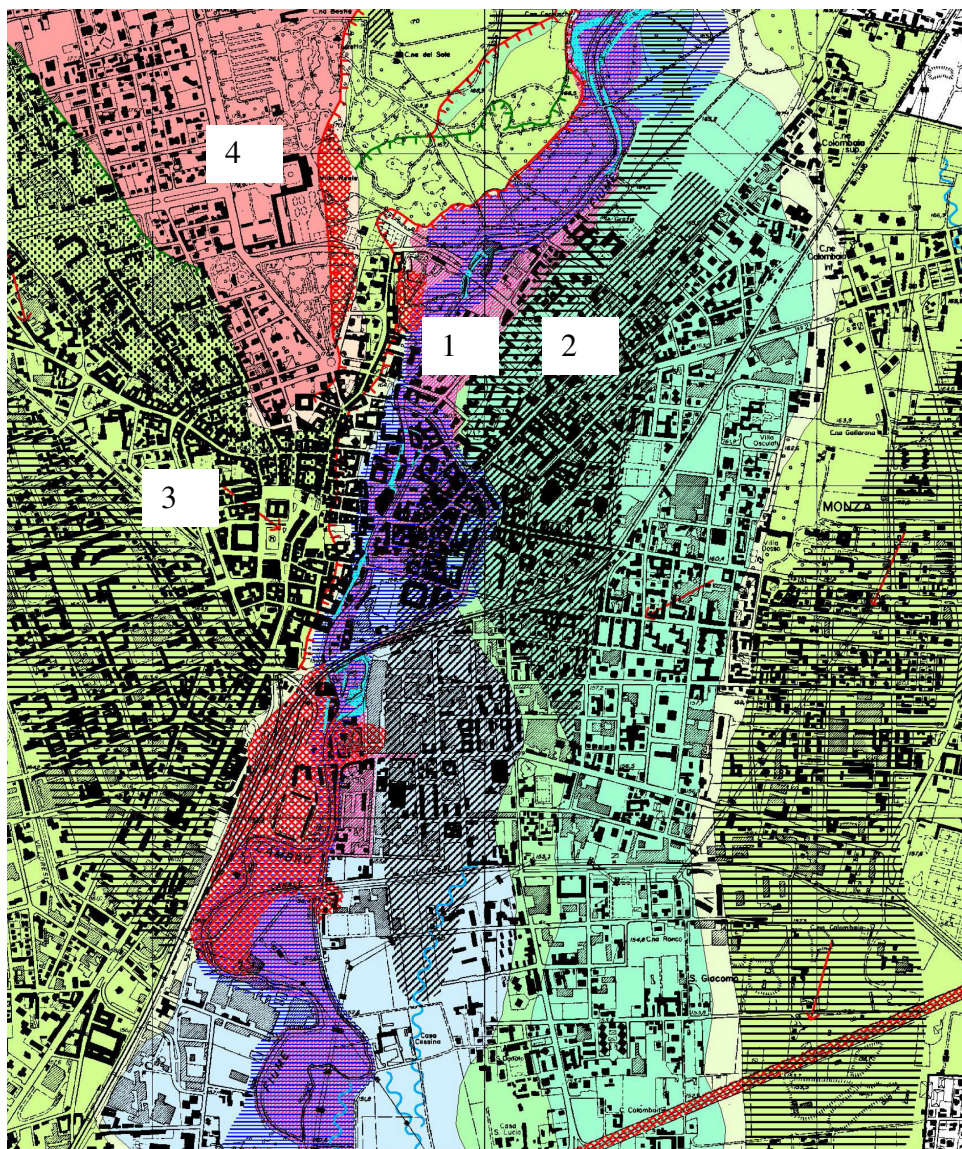
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

Revisione

Nome file Relazione 1595



**Figura 4** : stralcio carta geologica tratta dallo studio del territorio comunale

<div></div> <div>Dr. Geol. Francesco Serra</div>	<div>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</div> <div>(MB-E-1)</div> <div>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</div>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica		Nome file	Relazione 1595

Legenda

Geologia e geomorfologia



Valle del Lambro: superfici morfologicamente controllate dalle dinamiche fluviali attuali e recenti. Substrati in prevalenza sabbiosi e limosi, con componente ghiaiosa più abbondante a nord. Presenza di lenti a granulometria fine e locali aree torbose. Possibile presenza di falde locali.



Terrazzi vallivi: superfici marginali della valle del Lambro, rilevate rispetto alle precedenti, controllate da dinamiche fluviali recenti (Olocene antico o recente). Substrati sabbioso limosi o sabbioso ghiaiosi.



Superfici debolmente inclinate, di raccordo tra i terrazzi vallivi ed il fondovalle del Lambro.



Livello fondamentale della Pianura: superfici stabili, legate a dinamiche fluvioglaciali e fluviali pleistoceniche. Substrati costituiti da ghiaie sabbiose, localmente sabbie e sabbie ghiaiose, generalmente affrancati da idromorfia. Locale presenza di zone cementate (ceppo) anche prossime al piano campagna.



Superfici debolmente inclinate, di raccordo tra il livello fondamentale e le superfici a quote inferiori.



Terrazzi antichi: superfici rilevate rispetto al livello fondamentale, terrazzate, legate a dinamiche fluvioglaciali e fluviali plio-pleistoceniche. Substrati ghiaiosi molto alterati (fino a 2-4m), con coperture limose (loess). Presenza documentata di cavità nel substrato (occhi pollini o nespolini). Possibile presenza di zone a drenaggio scarso.



Superfici di raccordo tra i terrazzi antichi e le zone a quote inferiori.



Dosso o dorsale.



Zone ribassate, forse riconducibili ad antichi percorsi fluviali (cosri d'acqua braided della pianura).



Zone ribassate chiuse (conche).



Aree con copertura delle superfici antiche ad opera di depositi più recenti.



Antiche linee di drenaggio preferenziale



Roggia e Fontanile Pelucca



Tratto interrato del Fontanile Pelucca



Area esondata durante la piena del 1976



Area esondata durante la piena del novembre 2002



Percorsi storici del Lambro



Orlo di scarpata principale



Orlo di scarpata secondaria



Direzione di pendenza della superficie



Scarpata antropica




Superfici con forte rimaneggiamento antropico

Figura 5 : legenda della carta geologica di figura 4 (op.cit)

Pag. 17 di 76

**Figura 5** : legenda della carta geologica di figura 4 (*op.cit*)



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

In questa cartografia è abbastanza evidente la successione delle unità considerate, separate da terrazzamenti, a partire dalle alluvioni del Lambro (unità 1) ai terrazzi vallivi recenti ed aree di raccordo (unità 2) per passare al livello fondamentale della pianura (unità 3) e quindi alle unità terrazzate più elevate e quindi più antiche (unità 4).

Dalla prima alla quarta unità aumenta lo spessore dello strato alterato superficiale, e la possibilità di incontrare presenza di materiale cementato e di occhipollini.


Per quanto riguarda la geomorfologia è evidente che dal punto gli elementi presenti sono strettamente collegati con la genesi e la evoluzione geologica dell'area.

Gli elementi principali sono infatti i terrazzi di origine fluviale o fluvioglaciale con andamento all'incirca parallelo al corso dei principali corsi idrici, in particolare il fiume Lambro. Spesso si tratta di elementi oblitterati anche totalmente, dall'azione dell'uomo. Su questi passaggi morfologici si vanno ad impostare anche i pochi fenomeni di geodinamica presenti, testimoniati da materiali colluviali presenti all'angolo morto dei gradini morfologici.


Dal punto di vista più propriamente geomorfologico su tutto il territorio comunale non si riscontrano evidenze di fenomeni di dinamica geomorfologica particolari o con negative interazioni rispetto all'area in oggetto ed alla sua riqualificazione: le uniche aree potenzialmente instabili da un punto di vista geomorfologico sono le aree soggette a esondazioni per condizioni di piena ordinaria (limite Fascia fluviale A-B) e per particolari condizione di piena del fiume Lambro (limite Fascia Fluviale B-C) così come contenuto Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e le scarpate associate ai gradini morfologici principali (costituiscono un'area molto limitata del territorio), sulle quali si possono instaurare processi di soliflusso e fenomeni di decorticazione della coltre superficiale.

A parte va considerato il fenomeno degli Occhipollini; si tratta di cavità formate anticamente, nei periodi glaciali, la cui genesi non è ancora del tutto chiarita; secondo l'ipotesi più diffusa indicherebbe livelli a suo tempo interessati da materiale ghiacciato (permafrost) rimasto intrappolato nei sedimenti; questo materiale una volta sciolto ha lasciato talvolta spazio a questi vuoti a forma lenticolare, spesso con la parte superiore

Pag. 18 di 76

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
Revisione			
		Nome file	Relazione 1595
<p>cupoliforme. Nel tempo questi vuoti sono stati spesso, almeno nell'area di interesse, riempiti da sedimenti fini di deposizione secondaria (limi ed argille).</p> <p>La loro presenza è discontinua sia come dislocazione che come profondità sia come dimensioni, molto variabili. E' sicuramente un elemento di criticità di Monza e della Brianza.</p>			

Pag. 19 di 76

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595


## 4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO

### 4.1 Aspetti idrogeologici

Per quanto riguarda la struttura idrogeologica della media/alta Pianura Padana, nelle sue linee fondamentali è abbastanza conosciuta; esiste infatti una ricca documentazione bibliografica di studi e ricerche condotte sia da enti pubblici che privati che hanno permesso di ricostruire con un buon dettaglio la struttura idrogeologica del sottosuolo e a cui si è attinto e fatto riferimento per la redazione della presente relazione.

Su tale basi di dati, è stata ricostruita la struttura idrogeologica della Provincia di Milano e di Monza Brianza; facendo riferimento allo schema divenuto ormai classico proposto da Avanzini (figura 6), il sottosuolo di queste aree può essere suddiviso in tre distinte unità idrogeologiche, aventi nel loro insieme caratteri litologici ed idraulici arealmente omogenei e così schematizzabili a partire dalla superficie:

- ◆ una litozona sabbioso-ghiaiosa sede dell'acquifero tradizionale, suddiviso in una parte più superficiale (a falda libera – I° acquifero) corrispondente ai depositi alluvionali e fluvioglaciali wurmiani ed una parte più profonda (falda semi-confinata – II° acquifero) con spessore variabile, corrispondente a depositi fluvioglaciali più antichi; le due parti risultano localmente separate da modesti spessori di depositi fini semi-permeabili o impermeabili, mentre tale litozona risulta separata dalla sottostante da un livello di argilla e limo decisamente potente
- ◆ una litozona sabbioso-argillosa costituita da intercalazioni variabili di limi con sabbie e raro ghiaietto, talora con presenza di torbe, con falde multistrato semiconfinato o confinato (III° acquifero).
- ◆ una litozona argillosa profonda costituita da depositi per lo più impermeabili con la presenza di acque salmastre.

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  <b>(MB-E-1)</b> <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Nome file	Relazione 1595

DENOMINAZIONI UTILIZZATE PER LA DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO							
	UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' STRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE
	Mazzarella S. e Martinis B.		Francani V. e Pozzi R.		A.G.I.P.		Avanzini M. et Al.
	LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA	ACQUIFERO TRADIZIONALE	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Diluvium recente)	I ACQUIFERO	ALLUVIONE	PLEISTOCENE SUPERIORE	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA
			FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL AUCT. (Dil. Medio-Antico)	II ACQUIFERO		PLEISTOCENE MEDIO	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA
			CEPPO AUCT.			UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
	LITOZONA SABBIOSO-ARGILLOSA	ACQUIFERI PROFONDI	VILLAFRANCHIANO	III ACQUIFERO	SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE INFERIORE	UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)
	LITOZONA ARGILLOSA					(CALABRIANO)	UNITA' ARGILLOSA (facies marina)

**Figura 6:** Schema strutturale del sottosuolo della Provincia di Milano e Monza-Brianza (Avanzini et al. 1995)

#### 4.2 Situazione idrogeologica locale

La struttura idrogeologica generale, prima descritta, risulta abbastanza rappresentativa anche per l'area in esame, così come si ricava dai dati esistenti, in particolari relativi ai pozzi idropotabili presenti ed alle stratigrafie di alcuni sondaggi disponibili negli archivi societari spinti fino ad un massimo di 30 m di profondità.

Per quanto riguarda i pozzi idropotabili, come si evince anche dalla successiva figura 7 (tratta dallo studio geologico a supporto del PGT realizzato da REA srl nel 2003 e citato in precedenza) sono diversi i pozzi presenti contigui alle zona in oggetto (di cui nessuno però interessato direttamente dalle opere in oggetto; si tratta di pozzi generalmente attivi (nella figura la diversa numerazione distingue i pozzi attivi da quelli disattivati ed i pozzi superficiali da quelli profondi).





Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

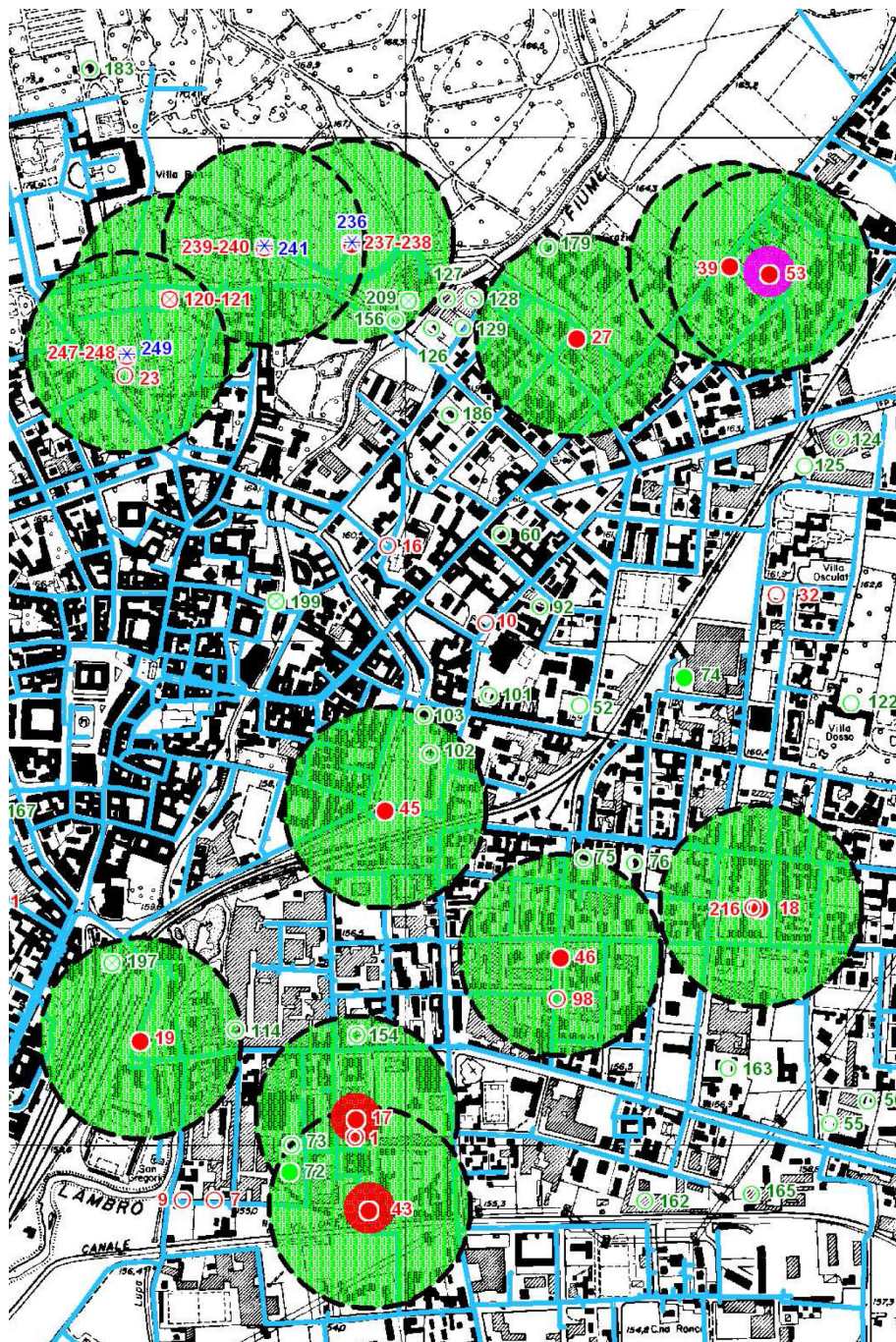
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione


Nome file Relazione 1595



**Figura 7 : ubicazione pozzi idropotabili contigui al Lambro e fasce di rispetto**

(da: "Indagini geologico ambientali a supporto della redazione del PRG della città di Monza" a cura di REA srl, ottobre 2003, pubblicato sul sito ufficiale del comune di Monza)



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595


L'ordine di grandezza delle soggiacenze, tenendo conto delle diverse stratigrafie dei pozzi e delle loro caratteristiche tecniche sono comunque in linea con i dati generali precedentemente visti. A questo proposito, sempre nello studio geologico del territorio comunale citato si riporta una tavola della idrogeologia che, in stralcio è presentata nella figura 8 seguente.



**Figura 8** : quote assolute superficie piezometrica e direzione di flusso (*op.cit*)

Si può osservare che in questa carta, basata sui dati al giugno 2003, i valori di soggiacenza – nell'ambito di interesse - sono mediamente intorno alla ventina di metri, a secondo della quota di piano campagna di riferimento.



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

### 4.3 Inquadramento geologico-tecnico

Come inquadramento dal punto di vista geologico tecnico si riporta di seguito uno stralcio della relativa carta, sempre redatta nell’ambito dello studio geologico del territorio comunale per la redazione del P.G.T. (figura 9)

I terreni in oggetto sono generalmente compresi fra i più recenti terreni dei depositi alluvionali attuali nell’area (*“ Sabbie, sabbie ghiaiose e limi sabbiosi con possibile presenza di lenti di materiale fine ”*) e, talvolta, le litologie delle alluvioni medie o recenti (*“Ghiaie sabbiose e ghiaiose con buone caratteristiche geotecniche”*).

Nella figura successiva 10 si riporta a completamento uno stralcio della sezione W-E che passa nella zona del primo intervento di monte.

Pag. 24 di 76



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

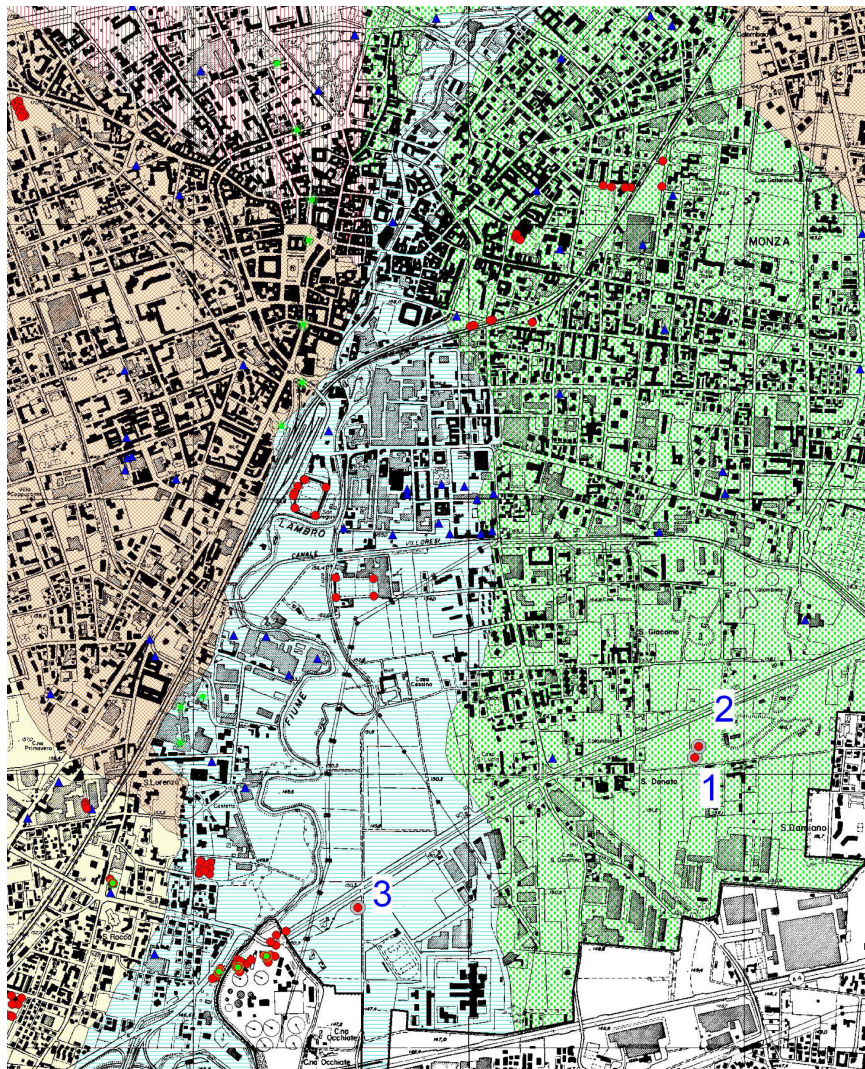
N. Commessa 1595





C. Documento A-02-00

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***


Revisione

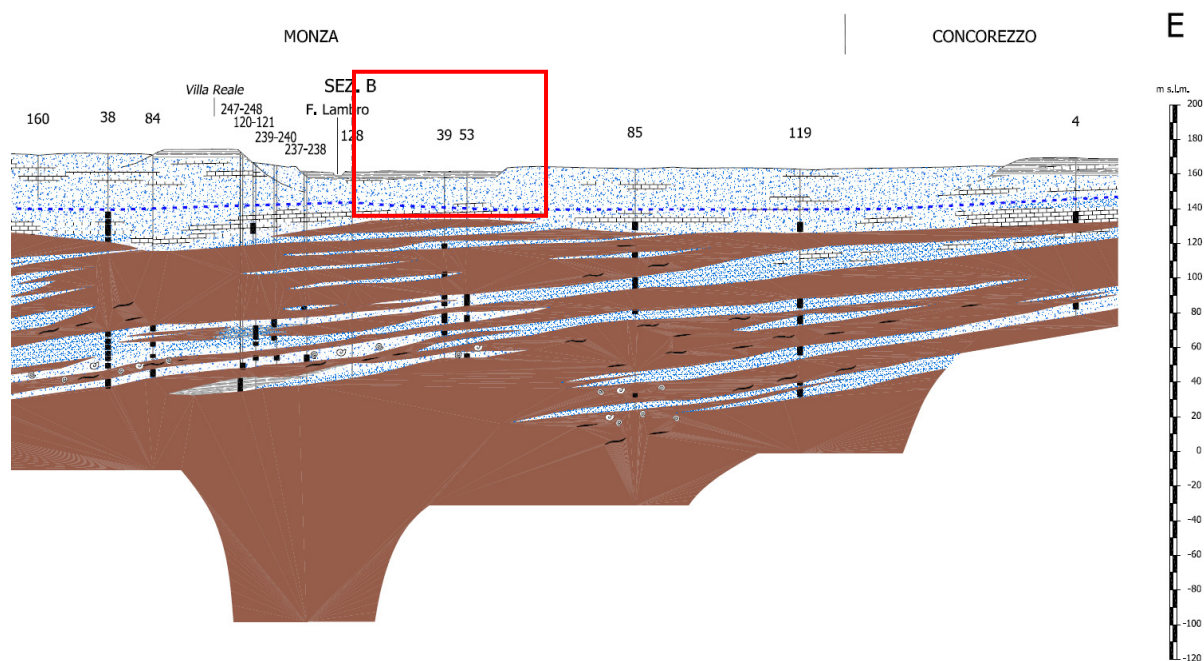
Nome file Relazione 1595




-  Sabbie, sabbie ghiaiose e limi sabbiosi delle alluvioni recenti e attuali.  
Caratteristiche geotecniche mediamente buone.  
Possibile presenza di lenti di materiale fine con bassa capacità portante.
-  Ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con buone caratteristiche geotecniche.
-  Ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con caratteristiche geotecniche scadenti tra 4 e 7 m circa.
-  Ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose;  
livelli cementati e zone con materiale poco compatto.  
Forte variabilità laterale e verticale dei caratteri geotecnici.

**Figura 9 : stralcio della carta geologico tecnica e relativa legenda**

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  <b>(MB-E-1)</b> <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro</b> <b>nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595



**Figura 10** : stralcio sezione geolitologica ed idrogeologica ovest-est del sito

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

### 5. INDAGINI ESEGUITE E MODELLO GEOLOGICO

Considerato lo stato dei luoghi e sulla base delle conoscenze geologiche e litostratigrafiche pregresse del sito e valutate le opere e gli interventi in progetto come campagna geognostica si è ritenuto utile e sufficiente eseguire nella fase di studio le seguenti indagini geognostiche :

- Raccolta ed utilizzo delle stratigrafie più significative disponibili dell'ambito (pozzi idrici, sondaggi, prove penetrometriche e prove sismiche pregresse disponibili ecc..)
- Realizzazione delle seguenti indagini geognostiche realizzate da *Eurogeo srl* (si veda il rapporto tecnico relativo in allegato A)
  - **un sondaggio a 9 metri (S1)** centrale eseguito all'interno dell'area della Basilica S. Maria delle Grazie Vecchie in vicinanza del Lambro, sponda destra, (in corrispondenza dell'intervento relativo) con esecuzione di 4 prove SPT (Standard Penetration Test eseguiti secondo la normativa standard ISSMFE, a punta aperta)
  - **un sondaggio di 9 metri (S2)** sempre in sponda destra appena a valle di via Cantore (vicino all'intervento previsto) con esecuzione di 4 prove SPT
  - **un sondaggio di 9 metri (S3)** un po' più a sud del precedente vicino a via F. Filzi con esecuzione di 3 prove SPT
  - **un sondaggio di 9 metri (S4)** in sponda sinistra appena a valle della confluenza nel Lambro della derivazione 'Lambretto' con esecuzione di 3 prove SPT
- Realizzazione da parte di *Signa srl* di una campagna sismica sito-specifica con l'esecuzione di uno **stendimento tipo MASW** per la misura delle onde di taglio Vs (si veda rapporto tecnico relativo in allegato B)

Nella successiva figura 11 si riporta l'ubicazione indicativa delle indagini effettuate; si rimanda agli allegati per la relativa documentazione.

Pag. 27 di 76





Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

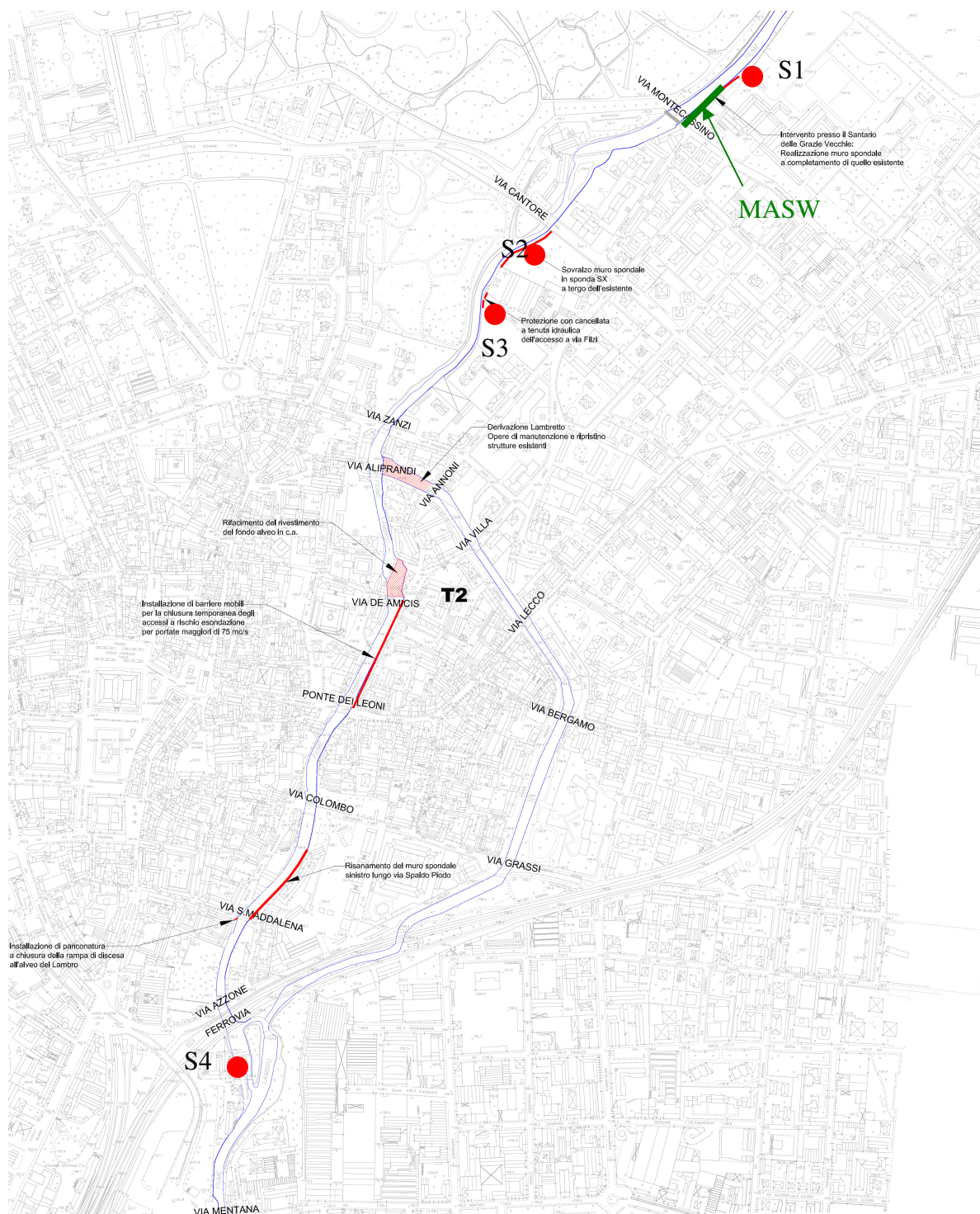
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00


**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595



**Figura 11: Ubicazione indagini geognostiche e sismiche**

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

**5.1      *Analisi stratigrafica e sezioni geologiche***

I risultati delle indagini eseguite confermano sostanzialmente la successione stratigrafica tipica di questo settore del sottosuolo di Monza.

In linea generale il modello geologico che si ricava dalle indagini rivela la presenza di un livello alluvionale e fluvio-glaciale che nella sua parte superficiale è alterato e ricoperto da un livello prevalentemente limoso.

Al di sopra ci sono spesso livelli di riporto, riconoscibili dalla presenza di resti di mattoni e lateriti, con spessori molto variabili da punto a punto (da assenti a più di tre metri)

Non si sono rilevati nei punti indagati delle cavità.

Si rimanda all'allegato A per la documentazione relativa ai sondaggi eseguiti.

In particolare sono stati individuate, pur in un contesto abbastanza eterogeneo, tre unità differenti dal punto di vista geologico :


- Una unità più superficiale a prevalente composizione sabbiosa ghiaiosa più o meno limosa con spessore variabile e transizionale di origine antropica (riporti eterogenei) con spessore variabile puntualmente; nei sondaggi ha spessori medi compresi fra il metro ed il metro e mezzo (fino a tre metri nel sondaggio S4).
- Una seconda unità costituita dal primo livello naturale costituito da limi più o meno sabbiosi; anche in questo caso gli spessori sono molto variabili a secondo del punto considerato. Si tratta di depositi con spessori fra il mezzo metro (S1) ed i due metri e mezzo (S4)
- Una terza unità più grossolana costituita da sabbie e ghiaie in matrice limosa con miglioramento graduale delle caratteristiche tecniche; questa unità si raggiunge, nei sondaggi considerati a quote variabili fra 2.1 e 3,5 metri.

Se questo è il modello geologico generale va però tenuto ben presente che :

- poiché gli interventi in progetto sono da realizzare in diversi punti lungo il corso del Lambro ogni punto presenterà caratteristiche diverse, come ben testimoniato dai sondaggi

Pag. 29 di 76



  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

- in particolare l'ambiente 'fiume' soprattutto nei suoi depositi più recenti può presentare variazioni litologiche e di caratteristiche anche sostanziali sia verticalmente che orizzontalmente in spazi ristretti; ad esempio è possibile trovare lenti di terreni molto fini e scadenti (con limi argille e torbe) e forme lenticolari in depositi sabbioso ghiaiosi; oppure alternanze di argille e limi con sabbie ecc..
- queste differenze sono da collegare alla diversa energia di deposito del fiume stesse, con materiali più fini e torbosi nelle zona a debole velocità come lanche e morte e depositi più grossolani in altri punti; nello stesso punto si possono avere inoltre periodi di maggiore e minore portata con la possibilità di ottenere sedimenti alternati da fini e coesivi a più grossolani.


Si tratta di una condizione di variabilità da cui non si può prescindere; va anche detto che buona parte degli interventi in progetto non hanno un particolare impatto sui terreni di fondazione in quanto non modificano le condizioni generali dei siti interessati.

I maggiori impatti si avranno laddove si tratta di realizzare manufatti nuovi come nel caso di nuovi tratti di muri spondali (Intervento in area Santuario delle Grazie vecchie) o sopralzi ai muri esistenti (intervento a valle del ponte di via Cantore).

Dai risultati sin qui ottenuti in linea di massima si possono considerare i seguenti due modelli geologici di riferimento :


**Modello geologico per interventi a difesa del Santuario delle Grazie Vecchie (riferimento sondaggio S1):**

Unità geologica	Profondità [m] da p.c.	Litologia	Falda
A	0.0 ÷ 1.60	Riporti costituiti da sabbie ghiaie debolmente limose	Assente
A'	1.60 ÷ 2.10	Limi più meno sabbiosi con origine antropica e/o naturale.	
B	2.10 ÷ 9.00	Sabbia Ghiaiosa in matrice limosa	

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Nome file	Relazione 1595

**Modello geologico medio per altri interventi (riferimento sondaggi S2, S3 ed S4)**

Unità geologica	Profondità [m] da p.c.	Litologia	Falda
A	0.0 ÷ 3.00/3.50	Limi più meno sabbiosi con origine antropica e/o rimaneggiata e/o naturale. Presenza di lenti o livelli anche torbosi ed organici; forte variabilità litostratigrafica in senso orizzontale e verticale	Assente
B	3.00/3.50 ÷ 9.00	Sabbia Ghiaiosa in matrice limosa	

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

### 6.1 Interpretazione delle prove SPT

Le prove SPT sono state eseguite in avanzamento fino alla quota di fondo foro misurando il numero di colpi richiesti per provocare l'avanzamento per battitura di un campionatore standard per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno. La resistenza dinamica puntuale ( $N_{SPT}$ ) si ottiene poi sommando il numero di colpi richiesto per l'avanzamento degli ultimi 30 cm.

Per tenere conto dei fattori di variabilità connessi ai vari dispositivi di infissione e alla pressione efficace del terreno alla profondità di esecuzione della prova, è stato calcolato in funzione della profondità il valore normalizzato di NSPT, cioè  $(N_1)_{60}$ , ricavato dalla seguente espressione:

$$(N_1)_{60} = C_N (ER/60) \cdot N_{SPT}$$

In cui:


$C_N = 1/\sigma'_{vo}{}^{(0.5)}$ , coefficiente di correzione dipendente dal valore di  $\sigma'_{vo}$  [Liao & Whitman, 1986]

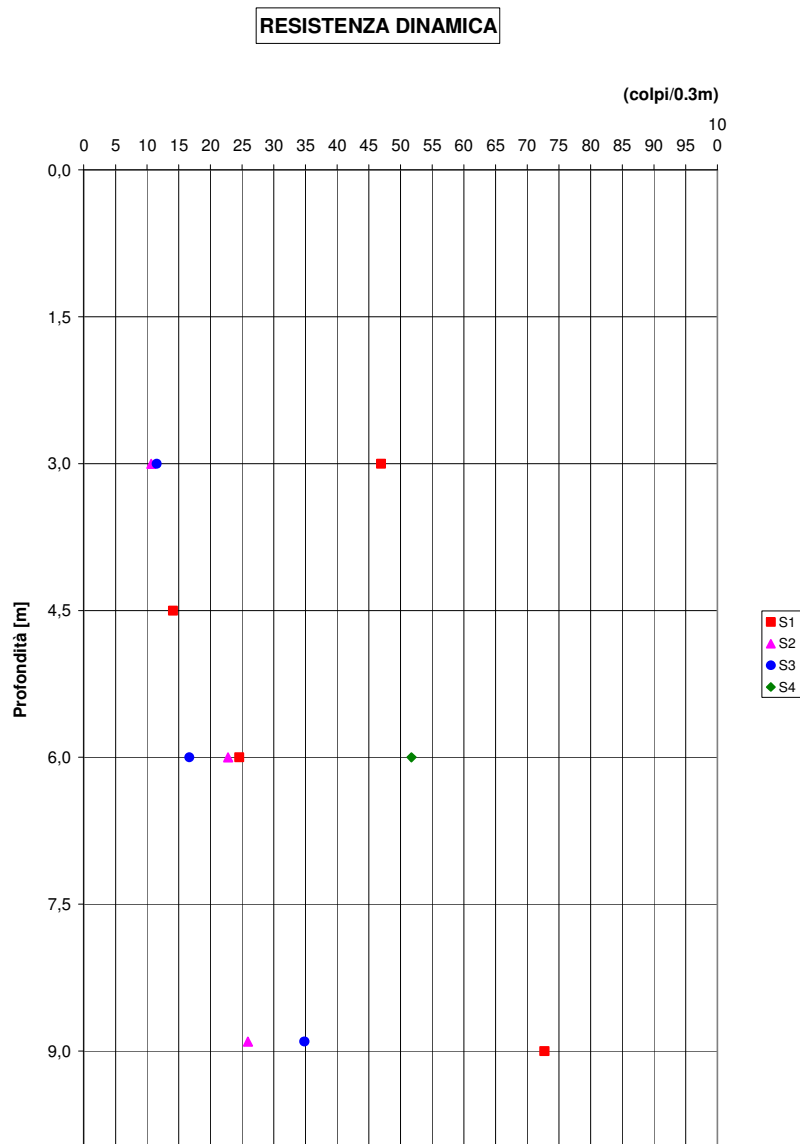
$\sigma'_{vo}$  = pressione efficace alla quota della prova

ER = rendimento medio del dispositivo di infissione espresso in percentuale (per il presente caso: 60%);

$\lambda$  = parametro che tiene conto della perdita di energia per la lunghezza delle aste.

In figura 12 si riportano i valori misurati e corretti di resistenza alla penetrazione SPT ricavati dai sondaggi in oggetto.


  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595



**Figura 12:** valori di resistenza alla penetrazione SPT normalizzati.

Per la valutazione dei parametri geotecnici sono state utilizzate le più note e diffuse correlazioni, basate sui dati SPT così corretti, confrontati con le litologie in esame e, ove possibile, si sono utilizzati diversi approcci, confrontandone criticamente i risultati (si vedano i tabulati in allegato A).

In particolare :

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

- ✓ per le descrizioni litologiche ci si è basati sulle indicazioni per la classificazione in cantiere delle terre proposta dall'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I., 1977) e sulla classificazione AGI 1977 (si veda figura 13);
- ✓ per quanto riguarda la valutazione della densità relativa  $D_r$  (figura 14) ci si è basati sul metodo proposto da Gibbs e Holtz, confrontato con i metodi proposti da Kulhawy e Mayne (1990);
- ✓ per quanto riguarda la stima del valore dell'angolo di attrito  $\phi'$  ci si è basati sul metodo proposto da De Mello (figura 15), confrontato con quello ricavato mediante la correlazione 1-/2- di Schmertmann (1975) e la relazione di Kulhawy and Maine (1990);
- ✓ Per la determinazione del modulo elastico  $E'$  dei materiali granulari (figura 16) si è utilizzata la formula di Berardi e Lancellotta, utilizzando la seguente espressione:

$$E' = K_E \cdot p_a \cdot \left[ \frac{\sigma'_{vo}}{p_a} \right]^{0.5}$$

in cui

$K_E$  = numero del modulo, funzione della densità relativa (vedi figura 18);

$p_a$  = pressione di riferimento = 100 kPa;

$\sigma'_{vo}$  = pressione efficace alla quota della prova.

0.002	0.06	2	60	( $\phi$ , mm)
ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA	CIOTTOLI E BLOCCHI

Per classificare un terreno dal punto di vista della granulometria sono necessarie analisi granulometriche di laboratorio.


**Note alla classifica granulometrica**

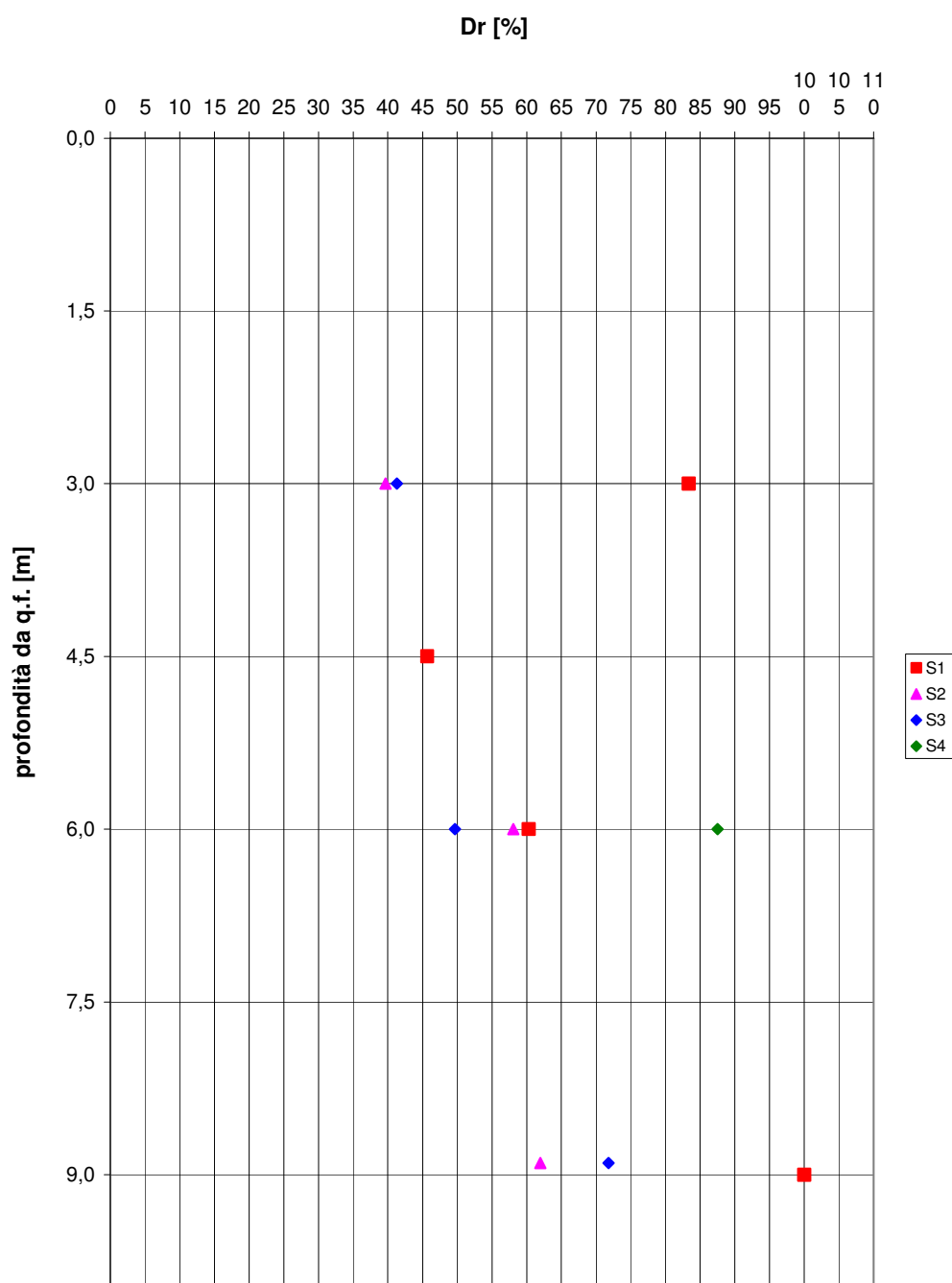
Per l'identificazione di terreni composti da più frazioni si segue il criterio :  
siano  $A, B, C$ , i nomi degli intervalli principali (argilla, limo, .....); siano  $p_1, p_2, p_3$  le percentuali di  $A, B, C$ , presenti nella terra in esame; se, per esempio  $p_1 > p_2 > p_3$  il terreno viene denominato col nome della frazione  $A$ , seguito dai nomi delle frazioni  $B$  e  $C$  preceduti dalla congiunzione "con", se il corrispondente  $p$  è compreso tra il 50 e il 250/o, seguiti dal suffisso "oso" se  $p$  è tra il 25 e il 100/o; o infine seguiti dal suffisso "oso" e preceduti da "debolmente" se  $p$  è compreso tra il 10 e il 50/o. Si definisce terreno di granulometria uniforme se  $D_{60}/D_{10} < 2$  dove  $D_{60}$  e  $D_{10}$  sono i diametri corrispondenti al 60 ed al 100/o di passaggio rilevati dall'analisi granulometrica.

Si ricorda che esistono numerosi sistemi di classifica granulometrica, tra loro differenti per i limiti delle classi; (per un confronto vedi : Geotecnica, 1963)


**Figura 13 : classificazione delle terre secondo A.G.I. 1977**

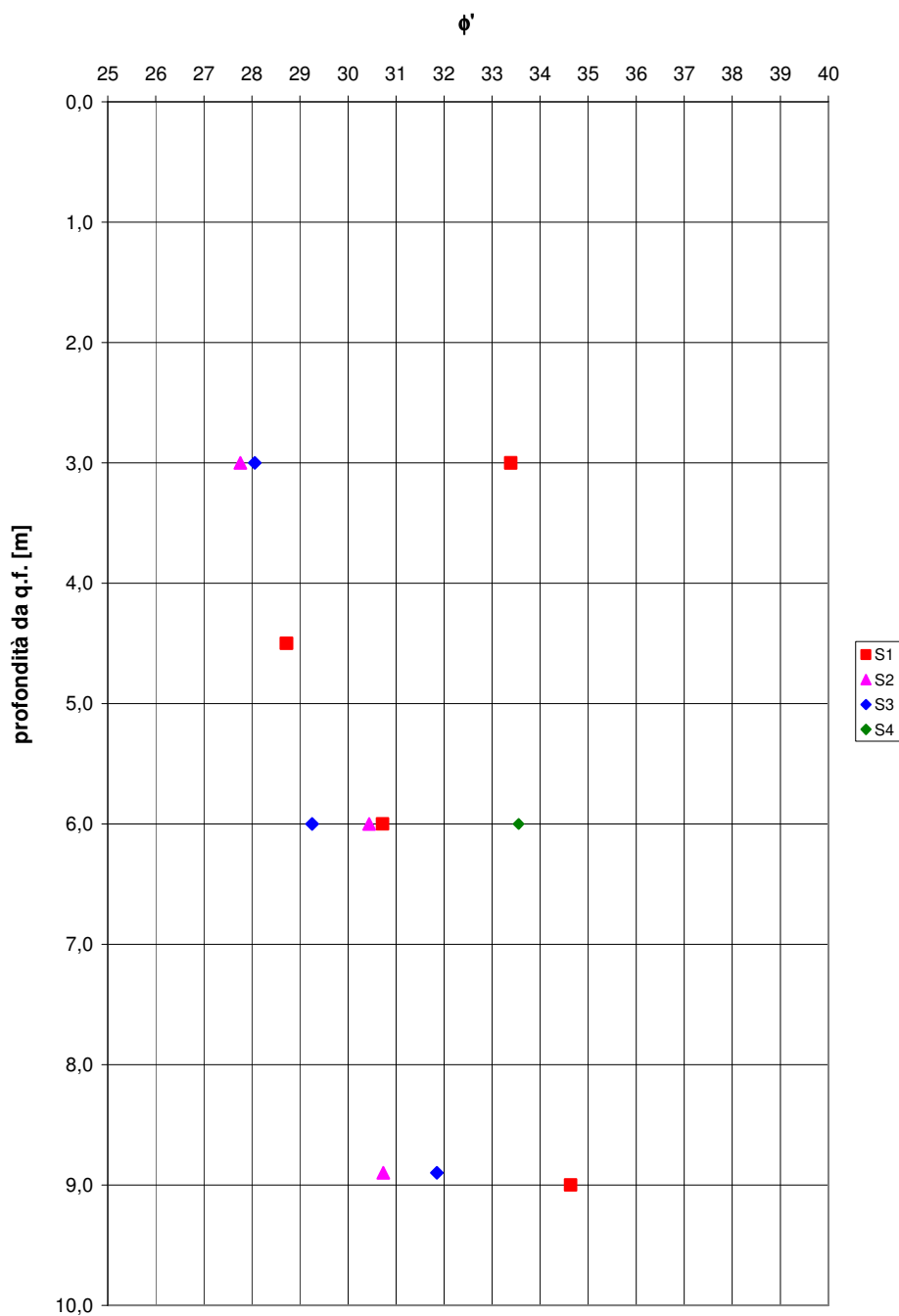


  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595



**Figura 14:** sintesi valutazione del grado di addensamento relativo Dr (%)

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Nome file	Relazione 1595



**Figura 15** : sintesi valutazione generica dell'angolo di attrito  $\phi$  (De Mello)



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

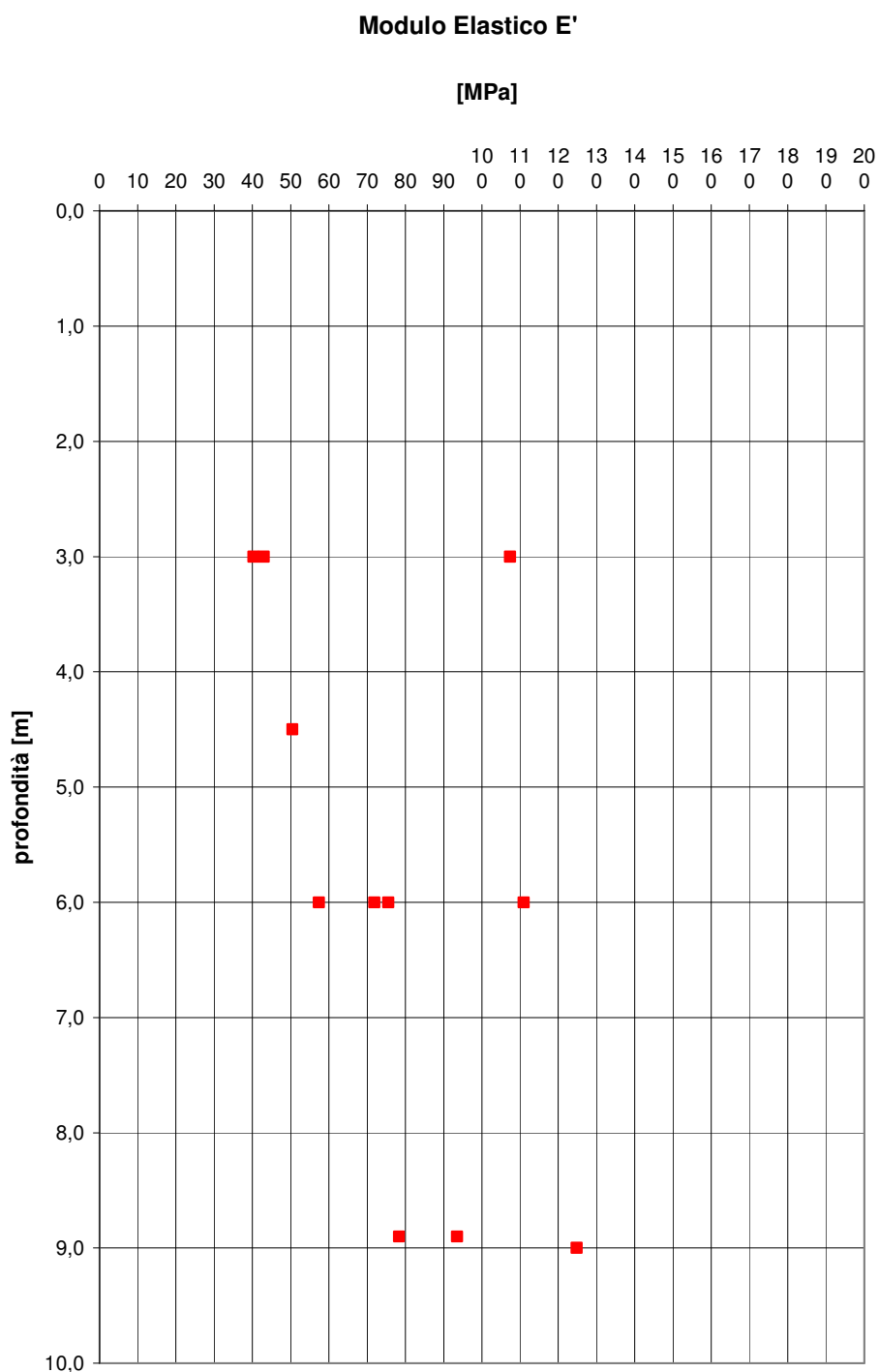
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00


**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

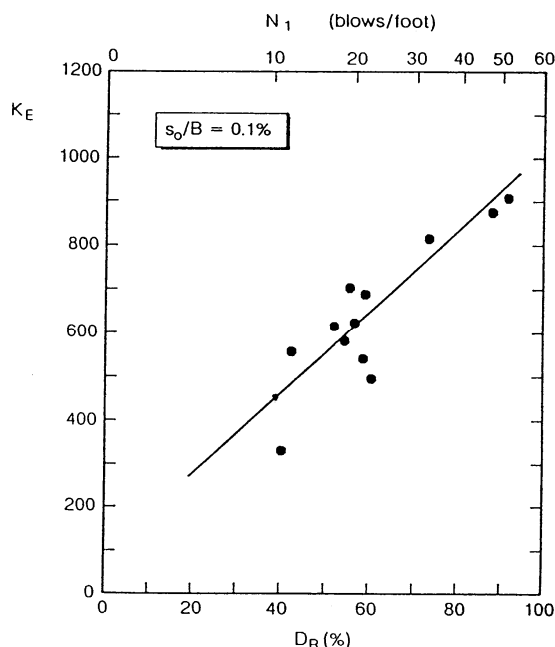
Revisione

Nome file Relazione 1595



**Figura 16:** sintesi stima modulo E'

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595



**Figura 17** : Correlazione tra il "numero del modulo",  $K_E$ , e la densità relativa,  $D_R$


## 6.2 Unità geotecniche

Utilizzando tutte le procedure interpretative e di analisi riportati nei precedenti capitoli si sono individuate unità geotecniche a caratteristiche omogenee in grande, sia dal punto di vista litologico che comportamentale, quale base per i calcoli e le previsioni successive.

Anche in questo caso va tenuto ben presente che essendoci comunque variazioni locali anche significative si sono schematizzate delle unità geotecniche generali per i tre gruppi di unità già evidenziate (riporti granulari, terreni limosi scadenti, terreni sabbioso ghiaiosi più o meno limosi).

Le caratteristiche di queste unità sono schematizzate nella tabella seguente :

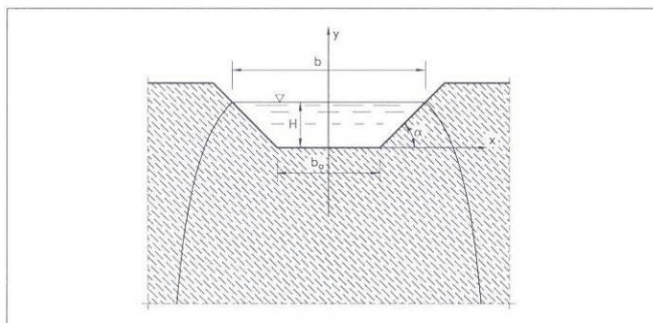


  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595


Unità Geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Dr [%]	$\phi'$ (°)	E' [MPa]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	18	nd	nd	nd	0.0 ÷ 1.6	Riporti costituiti da sabbie ghiaie deb . limose
A'	18	20-50	22-28	5-20	0.0/1.6÷2.1/3.5	Limi più meno sabbiosi con origine antropica e/o naturale talvolta torbosi.
B	19	> 40	27-32	> 40	2.1/3.5÷9.00	Sabbia ghiaiosa in matrice limosa

Per quanto riguarda gli spessori in linea generale l'unità A ha spessori di 2,1 metri a monte (sondaggio S1 , Santuario delle Grazie Vecchie), mentre è già tre metri al di sotto di via Cantore (sondaggio S2) e 3,5 metri poche decine di metri più a valle (sondaggio S3).

Per quanto riguarda la falda essa non è stata rinvenuta nei sondaggi in oggetto, confermando il fatto che si trova a profondità mediamente intorno alla ventina di metri nelle aree in oggetto. Va tenuta però ben presente l'azione delle acque del fiume Lambro che, soprattutto in particolari periodi e stagioni, alimentano la falda e che possono quindi sempre creare infiltrazioni che interessano i terreni di fondazione dei manufatti in oggetto, creando potenziali condizioni peggiorative delle caratteristiche tecniche dei terreni di fondazione.



**Figura 18** : infiltrazione da corsi d'acqua naturali verso la falda

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

Ulteriore problematica è quella riferita all'azione propria del fiume con la possibilità di erosione di sponda, di abbassamento del fondo alveo con scalzamento al piede dei manufatto contigui e possibile ribaltamento degli stessi, soprattutto in concomitanza delle maggiori piene.

Per questo motivo, vista la tipologia delle opere da realizzare e la loro posizione rispetto all'alveo del fiume Lambro si ritiene che non siano da adottare per i nuovi manufatti fondazioni dirette, ma prevedere fondazioni indirette adeguatamente dimensionate ed immorsate non solo tenendo conto delle specifiche caratteristiche delle opere (azioni permanenti strutturali e non strutturali e variabili) ma anche delle condizioni geometriche e dinamiche dell'alveo del Lambro (larghezze e profondità dell'alveo, possibilità di rimobilizzazione del fondo e/o di approfondimento dell'alveo, ecc..).

In ogni caso comunque sarà necessario che le fondazioni delle opere siano intestate sull'unità B ed a quote adeguatamente inferiori al fondo alveo del fiume.

### 6.3 Stato Limite Ultimo

Come previsto dalle DM 14.01.08 sulla base delle informazioni geotecniche e strutturali va verificato il rispetto della condizione

$$Ed \leq Rd$$


Dove Ed è il valore di progetto dell'azione ed Rd è il valore di resistenza del progetto.

Per fondazioni indirette la verifica delle condizioni (6.2.1 delle norme) secondo l'approccio 1 (combinazione 1 e 2) o l'approccio 2 per collasso per carico limite della parificata per carichi assiali/ trasversali/ assiali di trazione.

Viste le caratteristiche particolari del sito e la presenza di un primo livello di riporto e/o a caratteristiche scadenti di spessori variabili e caratteristiche non definibili con certezza, si consiglia di non considerare (o minimizzare) nel calcolo delle azioni resistenti del terreno il contributo delle unità geotecniche A e A' per gli spessori specifici di ogni zona (almeno 2,1 metri per S1, 3,0 ÷ 3,5 metri per S2-S3-S4).

Per quanto riguarda le azioni sismiche si rimanda al capitolo seguente.

Pag. 40 di 76

  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

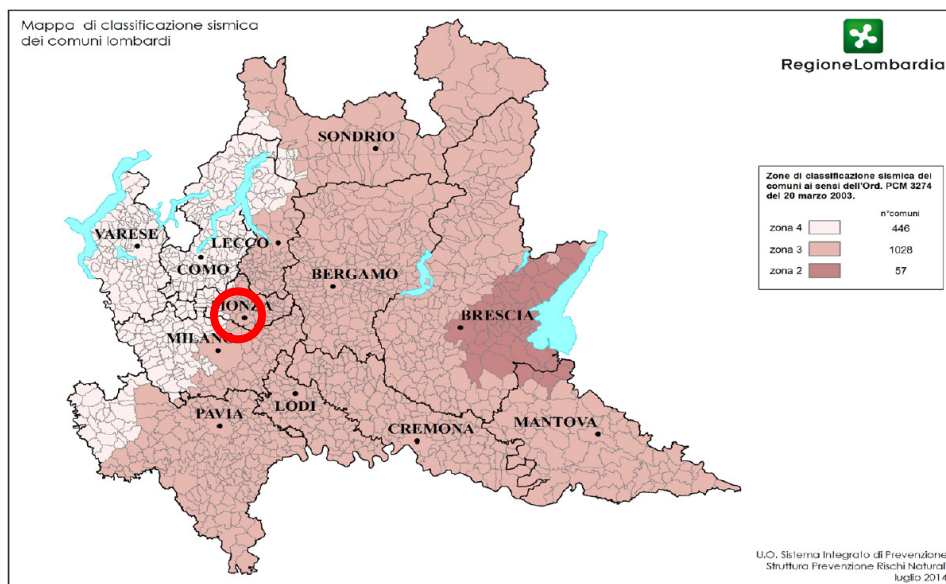
## 7. ASPETTI SISMICI

L'emanazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 ha determinato la nuova classificazione sismica del territorio nazionale attraverso la definizione di 4 zone sismiche. La Regione Lombardia, così come disposto nell'art. 2 dell'ordinanza, ha provveduto con D.G.R. n.7/14964 del 7 novembre 2003, alla formazione ed all'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche, stabilendo per ciascun comune la classe sismica di appartenenza.


Questa classificazione è superata dalla nuova D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (si veda la figura 19) che però, secondo la recentissima DGR n. 4144 del 13 ottobre 2015 entrerà in vigore solo a partire dal prossimo 10 aprile 2016.

E' fatto comunque obbligo dal 15 ottobre 2014 che nei comuni in cui si è passati da classe 4 a classe 3 (come Monza) per le sole costruzioni nuove si applichi da subito la normativa per la classe sismica 3.

Si ricorda che secondo la **Delibera 2129/2014 citata definisce per Monza il valore di accelerazione massima pari a 0,058594.**



**Figura 19:** Nuova classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.G.R. n.X/2129 del 11 luglio 2014 valida dal 15 ottobre 2014).

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
Revisione			
		Nome file	Relazione 1595

7.1 **Calcolo delle  $V_{s30}$**

A partire dal modello sismico monodimensionale è possibile calcolare il valore delle  $V_{s,30}$ , che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio. Per il calcolo delle  $V_{s,30}$  si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 (“*Norme tecniche per le costruzioni*”):


$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Le categorie di sottosuolo secondo il D.M. 14.01.2008 risultano così identificate (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

Pag. 42 di 76



  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$ (kPa)
<b>A</b>	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
<b>B</b>	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
<b>C</b>	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
<b>D</b>	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
<b>E</b>	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			
<b>S1</b>	<u>Depositi di terreni caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 100 m/s (ovvero <math>10 &lt; C_{u,30} &lt; 20</math> kPa)</u> che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche			
<b>S2</b>	<u>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti</u>			

**Figura 20** : Categorie di sottosuolo (D.M. 14.01.2008).



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

Revisione

Nome file Relazione 1595

Sulla base dello stendimento MASW eseguito lo scorso 5 ottobre c.a. dalla Signa srl (si veda il rapporto tecnico in allegato B) è possibile ricostruire l'andamento delle Vs con la profondità. I risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente e nel grafico della successiva figura 22.

<b>MASW 1</b>			
<b>Strato</b>	<b>Spessore [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>	<b>Profondità</b>
1	0.8	285	0.8
2	0.9	387	1.7
3	1.2	361	2.9
4	1.5	174	4.3
5	1.8	264	6.2
6	2.3	406	8.4
7	2.9	417	11.3
8	3.6	455	14.9
9	4.5	562	19.4
10	5.6	625	24.9
11	7.0	587	31.9
12	6.0	774	37.9

A partire dal profilo Vs-profondità ricostruito per l'area in esame è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore delle  $V_{s,30}$  (si è assunta come quota di calcolo [q.r.] il piano piano di esecuzione dello stendimento sismico corrispondente all'attuale p.c.):

<b><i>Profondità di posa delle fondazioni da q.r.</i></b>	<b><i><math>V_{s,30}</math> [m/s]</i></b>	<b><i>Categoria sottosuolo</i></b>
0 m	431.4	<b>B</b>
1.0 m	441.4	<b>B</b>
> 1.0 m	-	<b>B</b>

Pertanto la categoria di suolo da utilizzare nelle verifiche è la **categoria di suolo B**.



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

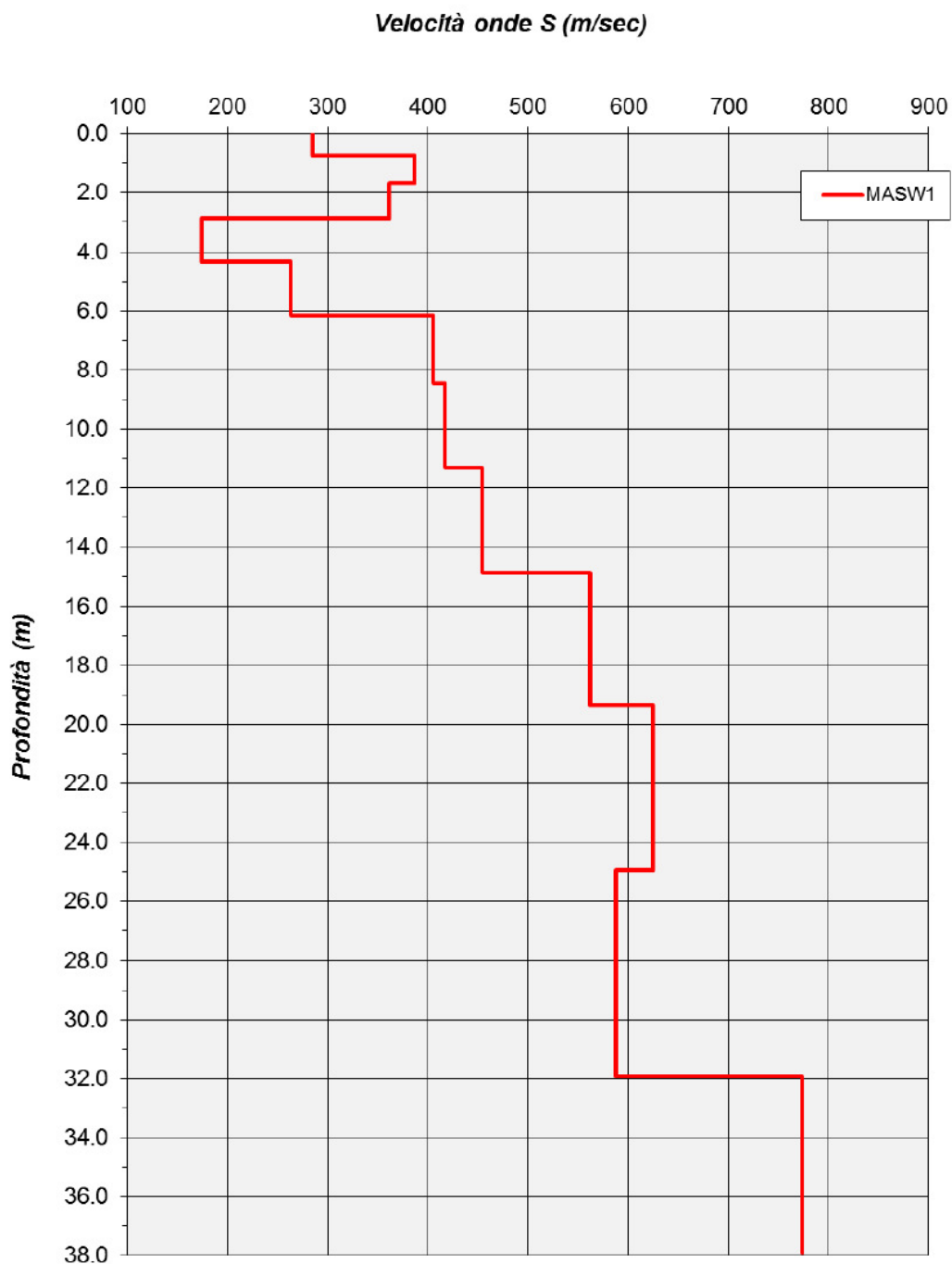
C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**


Revisione

Nome file Relazione 1595

### Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion



**Figura 21** : andamento delle  $V_{s30}$  con la profondità nei siti in oggetto

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595


## 8. INDICAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base di tutti i dati disponibili esposti nei capitoli precedenti, di seguito si forniscono alcune brevi indicazioni da tenere in considerazione sia durante la fase progettuale che quella esecutiva:

- Va tenuto presente che le condizioni litostratigrafiche dei terreni alluvionali in vicinanza del fiume possono subire forti variazioni : in particolare l'ambiente 'fiume' soprattutto nei suoi depositi più recenti può presentare variazioni litologiche e di caratteristiche anche sostanziali sia verticalmente che orizzontalmente in spazi ristretti; ad esempio è possibile trovare lenti di terreni molto fini (con limi argille e torbe) e forme lenticolari in depositi sabbioso ghiaiosi; oppure alternanze di argille e limi con sabbie ecc..Queste differenze sono da collegare alla diversa energia di deposito del fiume stesse, con depositi più fini e torbosi nelle zona a debole velocità con lanche e morte e depositi più grossolani in altri punti; nello stesso punto si possono avere inoltre periodi di maggiore e minore portata con la possibilità di ottenere sedimenti alternati da fini e coesivi a più grossolani.
- Tenendo presente quanto sopra si possono schematizzare le unità geologiche in una successione di tre (terreni antropici con spessori variabili, terreni fini limosi più o meno sabbiosi, torbosi ed argillosi e terreni sabbioso ghiaiosi in matrice limosa)
- Il modello geotecnico di riferimento, riportato nella tabella del paragrafo 6.2 prevede al di sotto di un livello di riporto e di un primo livello limoso a scadenti caratteristiche tecniche (unità A e A') con spessori variabili e generalmente presente fino a circa 2,0-3,5 metri dal piano campagna, un successivo livello di sabbie e ghiaie in matrice fine fino ad almeno 10 metri di profondità.
- La falda è profonda e non influente. Tuttavia va tenuta presente l'azione del fiume, sia come infiltrazione nei terreni di fondazione sia, soprattutto, per la sua capacità erosiva, di approfondimento dell'alveo e di scalzamento.
- Per questo motivo, vista la tipologia delle opere da realizzare e la loro posizione rispetto all'alveo del fiume Lambro si ritiene che non siano da adottare, almeno per i nuovi tratti di muro, fondazioni dirette ma prevedere fondazioni indirette adeguatamente dimensionate ed immorsate tenendo conto sia delle specifiche caratteristiche delle opere (azioni permanenti strutturali e non strutturali e variabili) sia

Pag. 46 di 76



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
Revisione			
		Nome file	Relazione 1595

delle condizioni geometriche e dinamiche dell'alveo del Lambro (larghezze e profondità dell'alveo, possibilità di rimobilizzazione del fondo e/o di approfondimento dell'alveo, azioni erosive, ecc..). In ogni caso comunque sarà necessario che le fondazioni delle opere siano intestate sull'unità B ed a quote adeguatamente inferiori al fondo alveo del fiume.


- Viste le caratteristiche particolari del sito e la presenza di un primo livello di riporto di dimensioni variabile caratteristiche non definibili con certezza, si consiglia in generale di non considerare o minimizzare nel calcolo delle azioni resistenti del terreno il contributo dell'unità geotecnica A e A' per gli spessori specifici di ogni zona (almeno 2,1 metri per S1, 3,0 ÷ 3,5 metri per S2-S3-S4).
- Poiché sono comunque probabili e frequenti variazioni locali nella litostratigrafia (soprattutto a causa dell'intervento antropico) è necessaria una puntuale verifica in sede esecutiva e per ogni specifico intervento delle ipotesi proposte relativamente al modello geologico e geotecnico generale.
- La categoria di suolo sismica da utilizzare è la categoria B.

Ultimo aspetto importante da considerare è la gestione degli eventuali materiali di scavo. A questo proposito – in linea generale - si ricorda che l'operatore può scegliere di gestire i materiali da scavo risultanti da attività edilizie:

1. in qualità di rifiuti secondo le relative norme (avvio a recupero o smaltimento); ipotesi, da utilizzare senz'altro per le macerie.
2. reimpiegandoli nel medesimo sito di escavazione per rinterri, ai sensi dell'art. 185 comma 1 lettera c) del DLgs 152/06.
3. impiegandoli in altro sito o processo produttivo in qualità di "sottoprodotti".


Il proponente deve indicare esplicitamente le modalità di gestione prescelte alla presentazione dei titoli abilitativi edilizi (SCIA, DIA, istanza di PdC, etc.) e nelle successive eventuali varianti. Per le modalità 1. e 2. non sono necessarie specifiche autorizzazioni o prese d'atto da parte del Comune, fatti salvi i necessari titoli abilitativi edilizi. Per la modalità 3 è la presentazione di una dichiarazione sostitutiva ex DPR 28/12/00 n. 445 in


Pag. 47 di 76





 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595


merito alla sussistenza dei requisiti di cui all'art. 184 bis del Dlgs 152/06, da trasmettersi all'ARPA territorialmente competente e per conoscenza al Comune ai sensi dell'art. 41bis del DL 69/13 (conv. L. 98/13). Le modalità di gestione sopra descritte si applicano esclusivamente ai materiali da scavo non contaminati. Restano fermi in ogni caso gli obblighi di notifica del rinvenimento di potenziali contaminazioni ai sensi degli artt. 242 e 245 del Dlgs 152/06 ai fini dell'avvio del procedimento di bonifica, come richiamato nelle sezioni precedenti. In tali eventualità, qualunque sia la modalità prescelta per la gestione dei materiali da scavo, gli scavi edilizi non possono essere eseguiti in quanto non possono in alcun modo sostituirsi o sovrapporsi alle necessarie attività di bonifica.



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595
<p>ALLEGATO A – INDAGINI GEOGNOSTICHE E TABULATI SPT</p>			
<p>Pag. 49 di 76</p>			

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

		 
<b>AIPO</b> <b>Agenzia Interregionale</b> <b>per il fiume Po</b>		
<b>INDAGINE GEOGNOSTICA/GEOTECNICA</b> <b>RELATIVA ALLE OPERE DI SISTEMAZIONE</b> <b>IDRAULICA DEL FIUME LAMBRO NEL</b> <b>CENTRO ABITATO DI MONZA</b>		
<b>RAPPORTO TECNICO ATTIVITA' EFFETTUATE</b>		
<div> <div></div> <div> Paderno Dugnano, Maggio'14  Redatta da: Dr. Domenico Monti </div> </div>		

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

**INDICE**

1.0 GENERALITA' ..... 3

2.0 CARATTERISTICHE DELL'ATTREZZATURA DI SONDAGGIO ..... 3

3.0 METODOLOGIA DEL SONDAGGIO ..... 4

    3.1 Perforazione a carotaggio continuo ..... 4

    3.2 Prova di resistenza meccanica S.P.T. .... 4

        3.2.1 Misure dell'efficienza del sistema ..... 5

    3.3 Campionamento rimaneggiato..... 5

4.0 ANALISI DI LABORATORIO ..... 6

5.0 CONCLUSIONI ..... 6

ALLEGATI

ALL.1 – PLANIMETRIA INDAGINI

ALL.2 – STRATIGRAFIA E FOTO SONDAGGI


ALL.3 – PLANIMETRIA CAMPIONI SCAVI A MANO

ALL.4 – ANALISI CHIMICHE

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)

Pag. 51 di 76



 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

### 1.0 GENERALITA'

Su incarico del AIPO, EUROGEO SRL ha eseguito presso il comune di Monza, un'indagine geognostica/geotecnica propedeutica alle opere di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza.

L'indagine è stata così strutturata:

- 1- 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 9 m di profondità, esecuzione di Spt in avanzamento;
- 2- Prelievo di 4 campioni di terreno con scavo a mano per analisi chimiche.

La presente relazione sintetizza le modalità operative, i metodi e le attrezzature utilizzate per l'esecuzione dei lavori.

### 2.0 CARATTERISTICHE DELL'ATTREZZATURA DI SONDAGGIO

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle opere è stata una sonda cingolata GEOMARC GM600 dotata di coppia torcente di 600 Nm, testa di rotazione con 8 selezioni di velocità, spinta/tiro di 2000 Kg, morse da 220 mm, e accessoriata con pompa per fanghi modello Nenzi TR 200.

Si tratta di una sonda a trasmissione idraulica, costituita da un motore a scoppio, un serbatoio di olio idraulico e varie pompe idrauliche azionate dal motore stesso. Questa porta l'olio in pressione e tramite tubi in gomma armata e distributori lo invia ai vari organi utilizzatori (testa di rotazione, argano, morse, svita aste, stabilizzatori, ecc.).

Utensili di perforazione sono stati un carotiere semplice lungo 1500 mm e con diametro 131mm, preceduto da una valvola sferica di non ritorno e dotato di corona in widia ed un carotiere doppio, diametro 101 mm con corona diamantata, entrambi posti all'estremità di aste di manovra a sezione circolare lunghe 3000 mm e con diametro di 76 mm.


E' stato necessario sostenere le pareti del foro mediante tubi di rivestimento del diametro di 152 mm infissi in spezzoni da 1,5 m immediatamente dopo l'approfondimento del foro stesso.

Le operazioni di sondaggio si sono svolte secondo le fasi di seguito elencate:

- posizionamento e stabilizzazione della sonda, orientazione della slitta.
- inizio della perforazione a partire dal piano campagna e per tratti di 1.5 m per volta.
- infissione, dopo ogni manovra di carotaggio e prima dell'estrazione del carotiere, dei tubi di rivestimento, quindi recupero del materiale per battitura.

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)

Pag. 52 di 76

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

### 3.0 METODOLOGIA DEL SONDAGGIO

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione a carotaggio continuo, con diametro di perforazione101-131/152 mm.

#### 3.1 Perforazione a carotaggio continuo

L'avanzamento a carotaggio continuo è avvenuto con carotieri semplici o doppi di diametro nominale 101-130 mm azionati mediante batteria di aste diam. 76 mm.

Il carotaggio è stato eseguito con carotieri semplici e doppi , scelti in funzione della natura dei terreni attraversati.

Il foro è stato rivestito a mano a mano che procedeva la perforazione con tubazione metallica provvisoria serie pesante diam. 152 mm.

I materiali estratti dai carotieri sono stati sistemati in apposite cassette catalogatrici con scomparti.

Sulle cassette sono stati indicati in modo indelebile: nominativo della Committente e della località, n. del sondaggio, progressiva della cassetta e profondità di riferimento.

#### 3.2 Prova di resistenza meccanica S.P.T.

Le prove di resistenza alla penetrazione S.P.T. sono state eseguite nei fori di sondaggio.

La prova consiste nell'infissione a percussione di un tubo campionario a parete grossa, avente come diametro esterno 50mm, diametro interno 34,9mm e collegato alla superficie con aste diam. 50mm.

Il dispositivo di percussione a sganciamento automatico è costituito da un maglio di 63,5 kg. con altezza di caduta di 76,2 cm.

Il peso complessivo della testa di battuta e dell'asta di guida risulta di 22 kg.

Le caratteristiche sono conformi alla norma ASTM 1586/67 e aggiornamenti "penetration test and split barrel sampling of soils".

Il campionario è scomponibile in due metà onde facilitare l'estrazione, in cantiere, del terreno campionato.

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)

Pag. 53 di 76



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

Durante l'infissione del campionatore vengono misurati il numero dei colpi N necessari per l'avanzamento di tre tratti consecutivi di 15 cm; viene considerato ai fini della prova il valore N dalla somma degli ultimi due tratti.

I risultati delle prove sono indicati di seguito:

PROF (m)	S1	Nspt	S2	Nspt	S3	Nspt	S4	Nspt
3.00	20-23-30	53	3-6-6	12	2-5-8	13	8-40-rif8cm	Rif
4.50	6-7-9	16						
6.00	10-12-16	28	12-16-10	26	13-10-9	19	10-21-38	59
9.00	35-40-Rif4cm	Rif	10-17-15	32	12-25-18	43	33-Rif5cm	Rif


**3.2.1 Misure dell'efficienza del sistema**

Nel corso delle prove S.P.T. è stata misurata l'efficienza del sistema di infissione cioè il rapporto fra l'energia teoricamente trasmessa dal maglio alle aste con un colpo e quella che invece effettivamente è stata trasmessa.

**3.3 Campionamento rimaneggiato**

I campioni rimaneggiati sono stati prelevati con scavo manuale nell'area di piazza Castello come da mappa in Allegato 3. Essi sono rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato. Sono stati sigillati in sacchetti di plastica trasparente e in batattoli in vetro da 1 kg, contraddistinti con cartellino adesivo indelebile posto all'esterno del sacchetto riportante: nominativo della Committente e della località, n. del sondaggio, progressiva del campione e profondità di prelievo.

I campioni sono stati mandati per analisi di laboratorio

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595

### 4.0 ANALISI DI LABORATORIO

Complessivamente nel corso della campagna di indagine sono stati prelevati n. 4 campioni rimaneggiati di terreno (4 campioni prelevati in piazza castello con quote a 1,00 m (tre campioni) e 1 a 1,50 m) con lo scopo di poter caratterizzare i materiali presenti in loco eseguendo le seguenti analisi chimiche:

- CLASSIFICAZIONE DI RIFIUTO Dlgs 152/06 Parte IV art. 184 e Dlgs 152/06 tab.1 (10 metalli IPA-BTEXS-C><12) x identificazione colonne A e B
- ELUATO UNI EN ISO 10802 D.M. 27/09/2010 (non pericolosi/pericolosi) e ELUATO UNI ENISO 10802 D.M. 186/06 (ex D.M. 5/2/98) (a seconda di destinazione a discarica o a recupero)

In allegato 4 tutti i risultati delle prove.

### 5.0 CONCLUSIONI

Su incarico del AIPO, EUROGEO SRL ha eseguito presso il comune di Monza, un'indagine geognostica/geotecnica propedeutica alle opere di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza.

L'indagine è stata così strutturata:

- 1- 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 9 m di profondità, esecuzione di Spt in avanzamento;
- 2- Prelievo di 4 campioni di terreno con scavo a mano per analisi chimiche;

I sondaggi hanno individuato al di sotto del terreno di riporto con spessore variabile da 1 a 3 m con caratteristiche geomeccaniche variabili in funzione del tipo di riporto, delle sabbia da sciolte a debolmente limose da ghiaiose a con ghiaia e ciottoli fino a 9 m di profondità. Questo livello mostra valori di N SPT variabili da 19 ai 59 colpi, valori associabili a terreni da moderatamente a molto addensati.


Si è individuato solo nel sondaggio S3 da 0.00 a 3.00 un livello di limo sabbioso con NSPT 12, indice di terreno moderatamente consistente.

Non è stata rilevata all'interno di alcun sondaggio presenza di acqua.

Questi dati portano a consigliare per gli interventi successivi al I lotto e che prevedano l'abbassamento dell'alveo del Lambro, un'ulteriore indagine geognostica finalizzata alla caratterizzazione geotecnica dei terreni in relazione anche all'esecuzione di scavi in adiacenza di edifici, al sostegno degli scavi stessi e al dimensionamento di eventuali fondazioni dirette o indirette delle opere in progetto.

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)

Pag. 55 di 76

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595
<hr/>			
ALL.1 – PLANIMETRIA INDAGINI			
<hr/>			
</			





(MB-E-1)

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

[illegible]

15/10/2015

N. Commessa

1595

### C. Documento

A-02-00

### **Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file
-----------

Relazione 1595

## ALL.1 – PLANIMETRIA INDAGINI

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data

15/10/2015

N. Commessa

1595

C. Documento

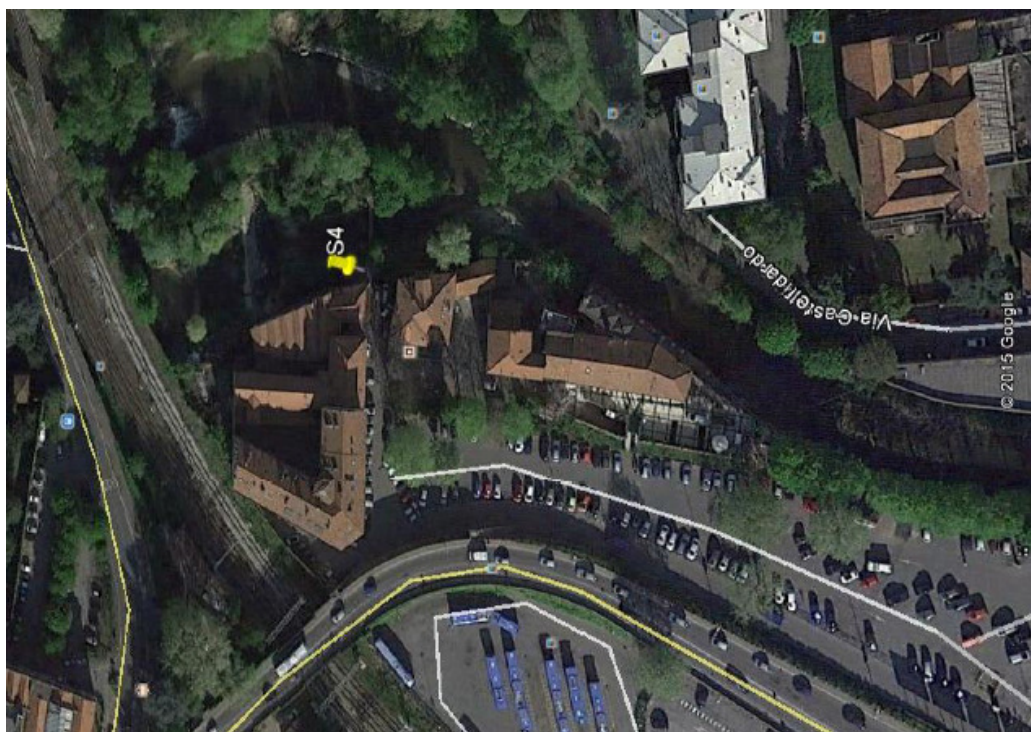
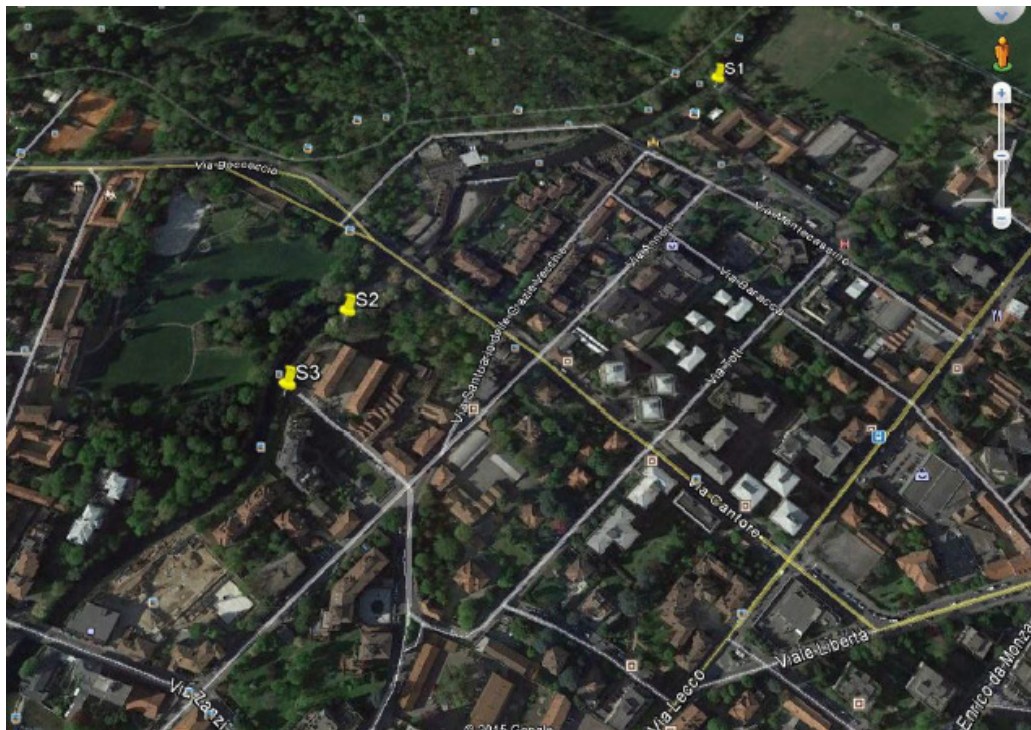
A-02-00

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

Revisione

Nome file

Relazione 1595





**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Category	Value
Category 1	Value 1
Category 2	Value 2
Category 3	Value 3
Category 4	Value 4
Category 5	Value 5
Category 6	Value 6
Category 7	Value 7
Category 8	Value 8
Category 9	Value 9
Category 10	Value 10
Category 11	Value 11
Category 12	Value 12
Category 13	Value 13
Category 14	Value 14
Category 15	Value 15
Category 16	Value 16
Category 17	Value 17
Category 18	Value 18
Category 19	Value 19
Category 20	Value 20
Category 21	Value 21
Category 22	Value 22
Category 23	Value 23
Category 24	Value 24
Category 25	Value 25
Category 26	Value 26
Category 27	Value 27
Category 28	Value 28
Category 29	Value 29
Category 30	Value 30
Category 31	Value 31
Category 32	Value 32
Category 33	Value 33
Category 34	Value 34
Category 35	Value 35
Category 36	Value 36
Category 37	Value 37
Category 38	Value 38
Category 39	Value 39
Category 40	Value 40
Category 41	Value 41
Category 42	Value 42
Category 43	Value 43
Category 44	Value 44
Category 45	Value 45
Category 46	Value 46
Category 47	Value 47
Category 48	Value 48
Category 49	Value 49
Category 50	Value 50
Category 51	Value 51
Category 52	Value 52
Category 53	Value 53
Category 54	Value 54
Category 55	Value 55
Category 56	Value 56
Category 57	Value 57
Category 58	Value 58
Category 59	Value 59
Category 60	Value 60
Category 61	Value 61
Category 62	Value 62
Category 63	Value 63
Category 64	Value 64
Category 65	Value 65
Category 66	Value 66
Category 67	Value 67
Category 68	Value 68
Category 69	Value 69
Category 70	Value 70
Category 71	Value 71
Category 72	Value 72
Category 73	Value 73
Category 74	Value 74
Category 75	Value 75
Category 76	Value 76
Category 77	Value 77
Category 78	Value 78
Category 79	Value 79
Category 80	Value 80
Category 81	Value 81
Category 82	Value 82
Category 83	Value 83
Category 84	Value 84
Category 85	Value 85
Category 86	Value 86
Category 87	Value 87
Category 88	Value 88
Category 89	Value 89
Category 90	Value 90
Category 91	Value 91
Category 92	Value 92
Category 93	Value 93
Category 94	Value 94
Category 95	Value 95
Category 96	Value 96
Category 97	Value 97
Category 98	Value 98
Category 99	Value 99
Category 100	Value 100

15/10/2015

N. ComMESSA

1595

### C. Documento

A-02-00

### **Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file
-----------

Relazione 1595

## ALL.2 – STRATIGRAFIA E FOTO SONDAGGI

EUROGEO SRL – VIA SENTIRONE, 10 – PADERNO DUGNANO (MI)



Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

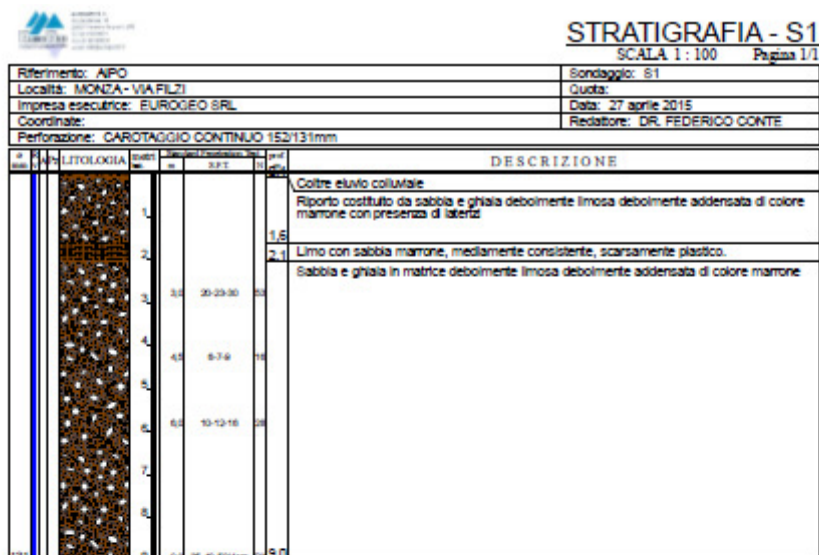
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Revisione

Nome file Relazione 1595







Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

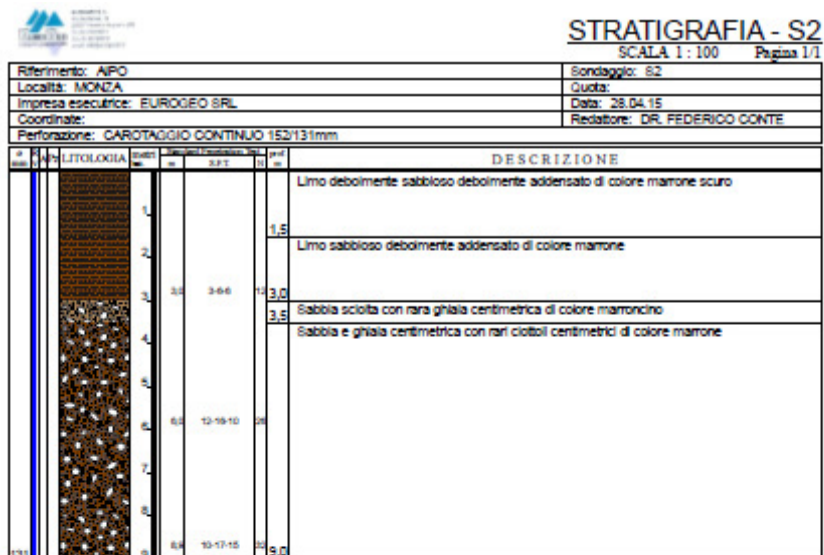
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Revisione

Nome file Relazione 1595







Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

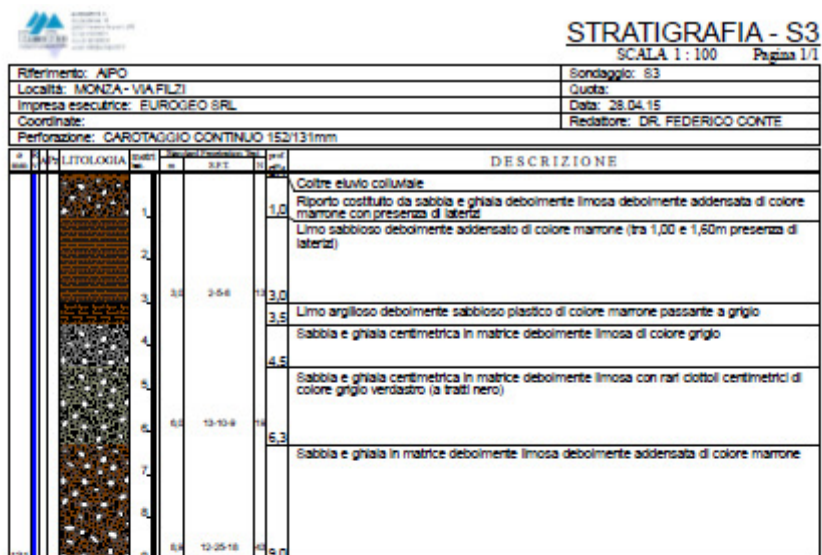
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Revisione

Nome file Relazione 1595





Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

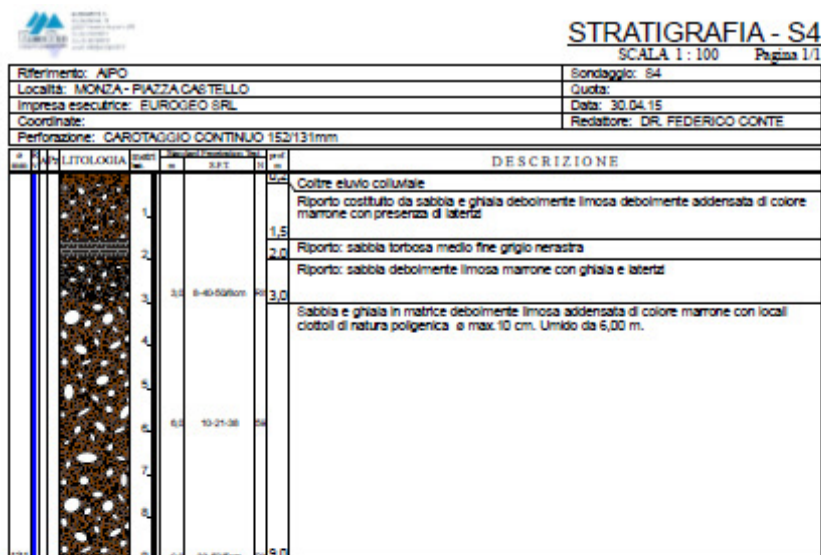
N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Revisione

Nome file Relazione 1595





Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po


(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data	15/10/2015
N. Commessa	1595
C. Documento	A-02-00
Revisione	
Nome file	Relazione 1595

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Sondaggio	Prof. (m)	SPT (colpi/m)	sigma-v kPa	Cn	(N1)60	λ	(N1)60	(N1)60	Dr	d <sub>50</sub> (mm)	zw	Curva	φ	φ	φ	1.7/(sv+0.7)	Na	R	KE	E'	E'25
S1	3.00	53	54.00	1.18	62.60	0.75	46.95	83.38	2.0	20.00	1	1	39.7	33.4	41.5	1.37	72.86	0.81	850.4	62.5	107.4
S1	4.50	16	81.00	1.07	17.08	0.83	14.09	45.68	2.0		1	1	34.4	28.7	29.5	1.13	18.01	0.20	511.2	46.0	50.5
S1	6.00	28	108.00	0.97	27.27	0.90	24.55	60.29	2.0		1	1	36.4	30.7	34.2	0.96	26.74	0.30	642.6	66.8	75.6
S1	9.00	90	162.00	0.83	74.59	0.98	72.72	100.00	2.0		1	1	42.0	34.6	48.0	0.73	65.95	0.73	1000.0	127.3	124.8
S2	3.00	12	54.00	1.18	14.17	0.75	10.83	39.68	2.0		1	1	33.6	27.8	27.6	1.37	16.45	0.18	457.1	33.6	40.3
S2	6.00	26	108.00	0.97	25.32	0.90	22.79	58.10	2.0		1	1	36.1	30.4	33.5	0.96	24.83	0.28	622.9	64.7	71.9
S2	8.90	32	160.20	0.83	26.65	0.97	25.92	61.95	2.0		1	1	36.7	30.7	34.7	0.74	23.63	0.26	657.6	83.2	78.4
S3	3.00	13	54.00	1.18	15.35	0.75	11.52	41.30	2.0		1	1	33.8	28.1	28.1	1.37	17.82	0.20	471.7	34.7	43.0
S3	6.00	19	108.00	0.97	18.51	0.90	16.86	49.66	2.0		1	1	35.0	29.3	30.8	0.96	18.15	0.20	547.0	56.8	57.4
S3	8.90	43	160.20	0.83	35.81	0.97	34.83	71.82	2.0		1	1	38.1	31.9	37.9	0.74	31.75	0.35	746.4	94.5	93.5
S4	6.00	59	108.00	0.97	57.47	0.90	51.72	87.52	2.0		1	1	40.3	33.5	42.9	0.96	56.35	0.63	887.7	92.2	111.0

 Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		Revisione	
<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>		Nome file	Relazione 1595
<p style="text-align: center;">ALLEGATO B – INDAGINI SISMICHE</p>			

Pag. 65 di 76



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

## Signa srl INDAGINI GEOFISICHE

**Committente:** Dott. Geol. Serra Francesco.

**Località:** Via Montecassino – Santuario S. Maria delle Grazie.

**Comune:** Monza (MB).

**Indagine:** Indagine geofisica con la metodologia MASW.

## RAPPORTO TECNICO


Codice documento: 42-15			Numero pagine: 11		
A	05/10/15	EMISSIONE	DG	DG	DG
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato



**SIGNA srl**  
Via G. Donizetti, 7 – 24040 Boltiere (BG)  
Tel/Fax 035-806318 – Cell. 331-8218021  
Cod.Fisc. e P.IVA 05388280967  
[www.signasrl.it](http://www.signasrl.it); e-mail: [info@signasrl.it](mailto:info@signasrl.it)





  Dr. Geol. Francesco Serra	<b>AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po</b>  (MB-E-1) <b>Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro nel centro abitato di Monza</b>	Data	15/10/2015
		N. Commessa	1595
		C. Documento	A-02-00
		<b>Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica</b>	
		Revisione	
		Nome file	Relazione 1595

<b>SIGNA srl – Indagini geofisiche</b>	Data	05/10/2015
	N. Commessa	42-15
	C. Documento	01
<b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b>	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Monza

## 1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW in prossimità della sponda sinistra del F. Lambro all'interno dell'area su cui sorge il Santuario S. Maria della Grazie situato in via Montecassino nel comune di Monza (MB).

La campagna di indagine è stata eseguita nella giornata del 05 Ottobre 2015 su incarico del Dott. Geol. Serra Francesco.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_s$ -z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (o risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.01.2008; D.G.R. n. 8/7374 e D.G.R. IX/2616/2011).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In figura 1 si riporta l'ubicazione della prospezione MASW effettuata.



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

**SIGNA srl – Indagini geofisiche**

**Indagine geofisica con la metodologia MASW**

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

C. Documento 01

Revisione A (DG)

Nome file MASW\_Monza

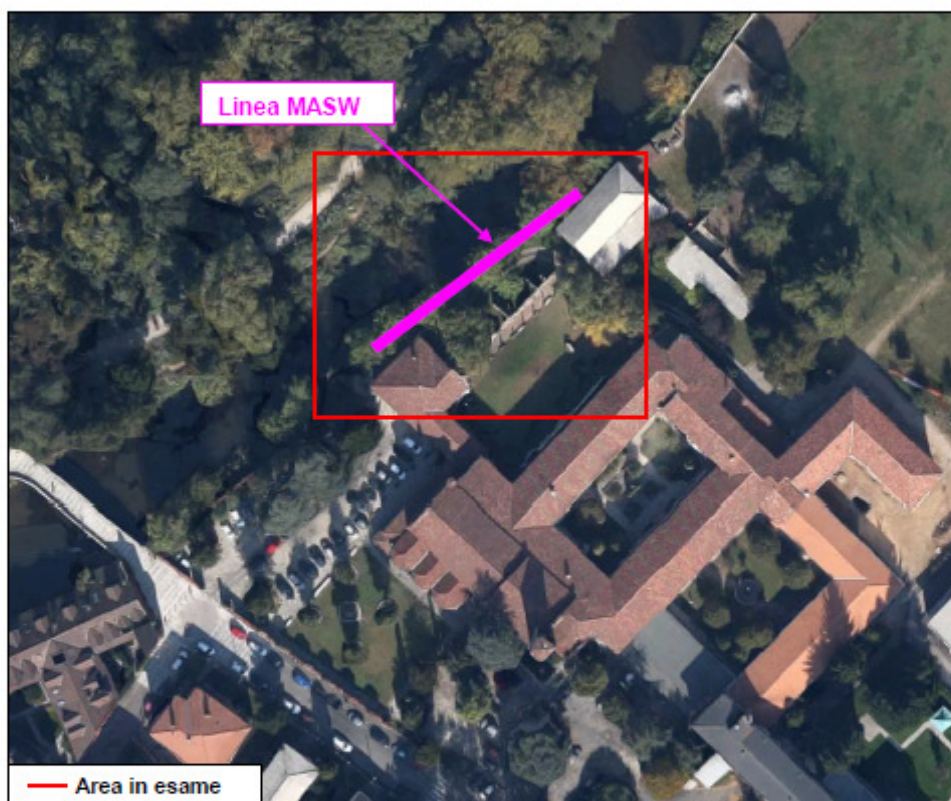


Figura 1: Ubicazione della prova MASW effettuata (immagine tratta da Google Map).



Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data	15/10/2015
N. Commessa	1595
C. Documento	A-02-00
Revisione	
Nome file	Relazione 1595

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	05/10/2015
	N. Commessa	42-15
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Monza

#### 2. INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata

Pagina 4 di 11



Dr. Geol. Francesco Serra

## AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

### Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica

Revisione

Nome file Relazione 1595

#### SIGNA srl – Indagini geofisiche

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

C. Documento 01

#### Indagine geofisica con la metodologia MASW

Revisione A (DG)

Nome file MASW\_Monza

sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 15 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti (*"Optimum Field Parameters of an MASW Survey"*, Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva) acquisendo in totale 10-12 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

Pagina 5 di 11





Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

Revisione

Nome file Relazione 1595

**SIGNA srl – Indagini geofisiche**

***Indagine geofisica con la metodologia MASW***

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

C. Documento 01

Revisione A (DG)

Nome file MASW\_Monza



**Figura 2: Strumentazione utilizzata per la prova MASW.**



**Figura 3: Vista dello stendimento MASW effettuato.**

*Pagina 6 di 11*



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data	15/10/2015
N. Commessa	1595
C. Documento	A-02-00
Revisione	
Nome file	Relazione 1595

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	05/10/2015
	N. Commessa	42-15
Indagine geofisica con la metodologia MASW	C. Documento	01
	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Monza

### 3. ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (**SurfSeis 4.0** della Kansas University, Park C. B., 2006-2013).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

Pagina 7 di 11





Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

**SIGNA srl – Indagini geofisiche**

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

C. Documento 01

**Indagine geofisica con la metodologia MASW**

Revisione A (DG)

Nome file MASW\_Monza

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al "modo fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.8	285	0.8
2	0.9	387	1.7
3	1.2	361	2.9
4	1.5	174	4.3
5	1.8	264	6.2
6	2.3	406	8.4
7	2.9	417	11.3
8	3.6	455	14.9
9	4.5	562	19.4
10	5.6	625	24.9
11	7.0	587	31.9
12	6.0	774	37.9

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

**SIGNA srl – Indagini geofisiche**

**Indagine geofisica con la metodologia MASW**

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

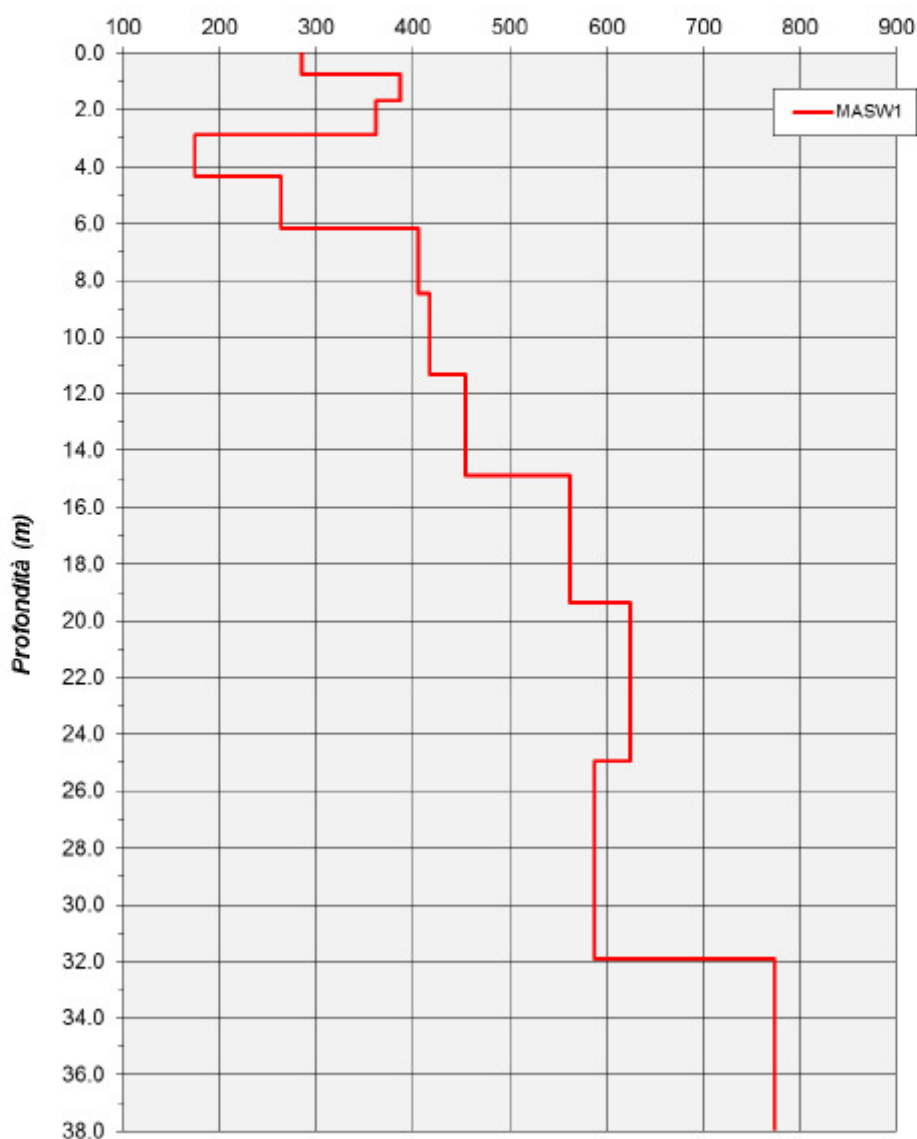
C. Documento 01

Revisione A (DG)

Nome file MASW\_Monza

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**

Velocità onde S (m/sec)



Pagina 9 di 11



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

(MB-E-1)

Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza

Data	15/10/2015
N. Commessa	1595
C. Documento	A-02-00
Revisione	
Nome file	Relazione 1595

***Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica***

<b>SIGNA srl – Indagini geofisiche</b>	Data	05/10/2015
	N. Commessa	42-15
	C. Documento	01
	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Monza
<b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b>		

**ALLEGATO**

Pagina 10 di 11



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po**

**(MB-E-1)**

**Lavori di sistemazione idraulica lungo il fiume Lambro  
nel centro abitato di Monza**

Data 15/10/2015

N. Commessa 1595

C. Documento A-02-00

**Relazione geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica**

Revisione

Nome file Relazione 1595

**SIGNA srl – Indagini geofisiche**

**Indagine geofisica con la metodologia MASW**

Data 05/10/2015

N. Commessa 42-15

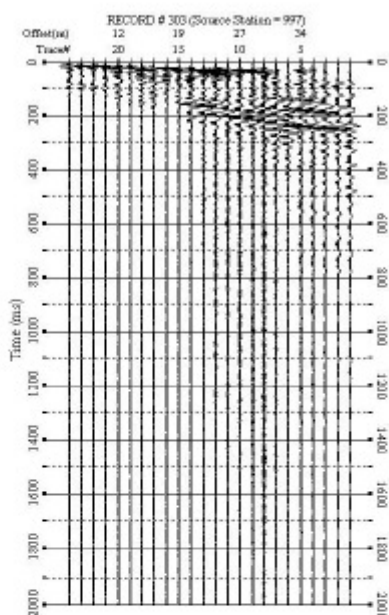
C. Documento 01

Revisione A (DG)

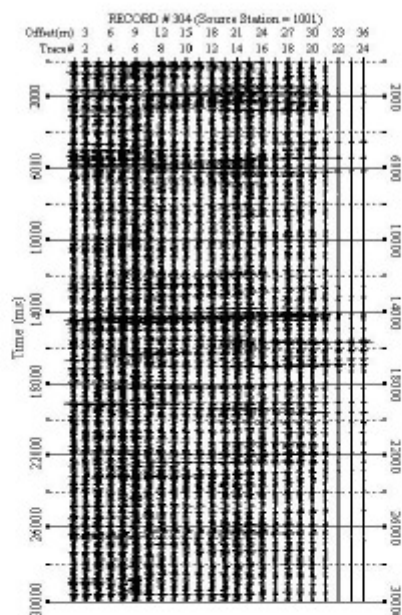
Nome file MASW\_Monza

**MASW1**

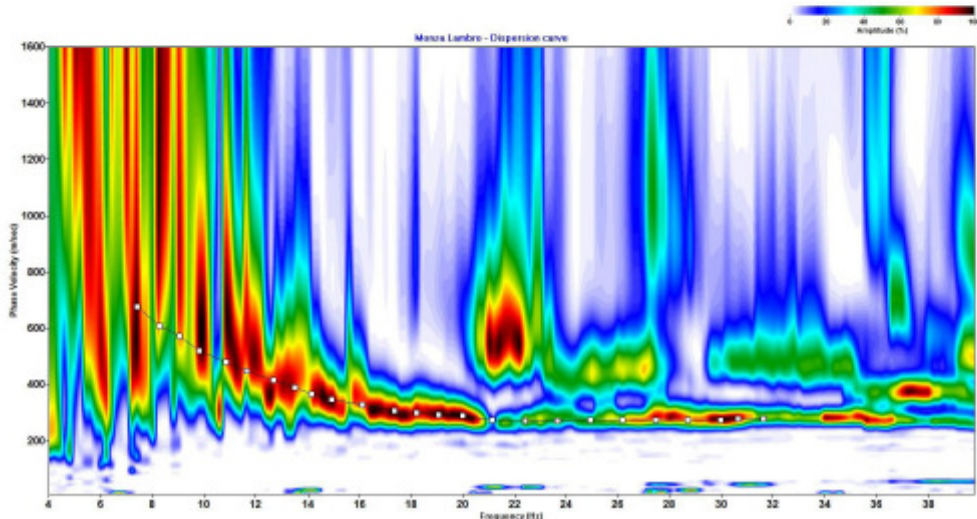
*registrazione attiva*



*registrazione passiva*



**CURVA DI DISPERSIONE**



Pagina 11 di 11