

**Società di Ingegneria Corna Pelizzoli Rota s.r.l.**

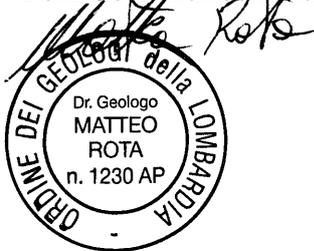
Titolare del progetto:  
**FORGIATURA MODERNA ARESE S.P.A.**  
**Via delle Industrie – Arese (MI)**

Progetto:  
**Progetto di ampliamento complesso industriale esistente  
in Via delle Industrie in comune di Arese (MI)**

Elaborato:  
**RELAZIONE GEOLOGICA**

\* \* \*

Relatore  
**Dott. Geol. Matteo Rota**



Direttore Tecnico  
**Dott. Geol. Luigi Corna**



Comm. 106/08  
Ed. 2  
Data di stampa 27.09.2009

Il Progettista delle opere (per presa visione):

Titolare del progetto:

Agosto, 2009



## Indice

1) Premessa.....	3
2) Ubicazione geografica e descrizione delle opere in progetto .....	3
3) Inquadramento.....	4
3.1) Caratteristiche geologiche e geomorfologiche.....	4
3.2) Caratteristiche idrogeologiche ed idrologiche .....	6
3.3) Caratteristiche meteorologiche.....	7
4) Descrizione delle indagini geognostiche eseguite .....	7
4.1) Rilievi di terreno .....	8
4.2) Prove penetrometriche.....	9
4.2.1) Procedura di restituzione dei dati delle prove penetrometriche .....	9
4.2.2) Risultati ottenuti.....	10
4.2.3) Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	10
4.3) Prova di permeabilità in foro .....	11
4.4) Misure piezometriche .....	11
5) Compatibilità geologica del Piano Integrato di Intervento.....	12
5.1) Vincoli geo-ambientali.....	12
5.2) Definizione della classe di fattibilità geologica delle azioni di Piano .....	13
5.3) Analisi del rischio Sismico.....	14
6) Conclusioni .....	16

## Allegati

1. Certificati delle prove penetrometriche
2. Certificato della prova di permeabilità a carico variabile



## 1) Premessa

La presente relazione è redatta a nome e per conto della Forgiatura Moderna Arese a supporto del progetto di “Ampliamento del complesso industriale esistente in Via delle Industrie in comune di Arese (MI)”.

Quanto eseguito ha previsto la raccolta di informazioni geologiche e progettuali preliminari, l'esecuzione di rilievi di terreno ed indagini geognostiche finalizzate alla ricostruzione stratigrafica e geotecnica dei luoghi, e la verifica della compatibilità della trasformazione d'uso dei suoli in relazione all'applicazione di quanto disposto dalla L.R. 12/05 art. 57 - “Componente Geologica, idrogeologica e sismica, del piano di governo del territorio”.

Per quanto riguarda le indagini, le valutazioni e le soluzioni progettuali, la presente ha considerato:

- D.M. 14.01.08;
- UNI ENV 1997 – 1 – Eurocodice 7 “Progettazione Geotecnica” parte 1;
- D.lgs. 152/2006 recante “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- D.G.R. della Regione Lombardia n. 8/7374 del 28 maggio 2008 – aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’Art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12;
- PAI e Sistema informativo della Regione Lombardia
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Milano;
- Studio della componente geologica comunale;
- Studio del reticolo idrico minore comunale.

## 2) Ubicazione geografica e descrizione delle opere in progetto

L'area interessata dal progetto di ampliamento dell'insediamento esistente risulta localizzata nel settore meridionale rispetto al centro abitato di Arese (vedi Figura 2), accanto in vicinanza dell'autostrada e di Via delle Industrie,.

I terreni si collocano in zona pianeggiante con leggera pendenza verso Sud, alla quota topografica di 149 m s.l.m.. L'area è parzialmente ricoperta da folta vegetazione da rovi mentre le porzioni rimanenti, soprattutto la zona orientale, è da sempre stata adibita alle pratiche agricole.

Il progetto (vedi Figura 1) prevede la realizzazione di un capannone prefabbricato delle dimensioni di circa 100x120 m, sviluppato fuoriterza per altezze massime di 12 m, di servizio all'attività industriale in essere della Ditta richiedente presso i capannoni adiacenti posti ad ovest. Lungo il lato occidentale del nuovo capannone sarà realizzata una passerella aerea (attraversamento) di collegamento con i capannoni esistenti e posti ad W.



Lungo il fronte meridionale del nuovo capannone verranno realizzate le strade di accesso e servizio comprese tutte le aree a parcheggio.

Lungo le aree perimetrali si troverà una fascia alberata e zone a verde, mentre verrà mantenuto il fosso presente lungo il confine di proprietà settentrionale ed occidentale.

All'interno della struttura saranno posizionate attività inerenti alla forgiatura del metallo ferroso, comprese presse e carriporti per il trasporto dei materiali – lingotti di ferro di rilevanti dimensioni e pesi.

E' prevista la dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

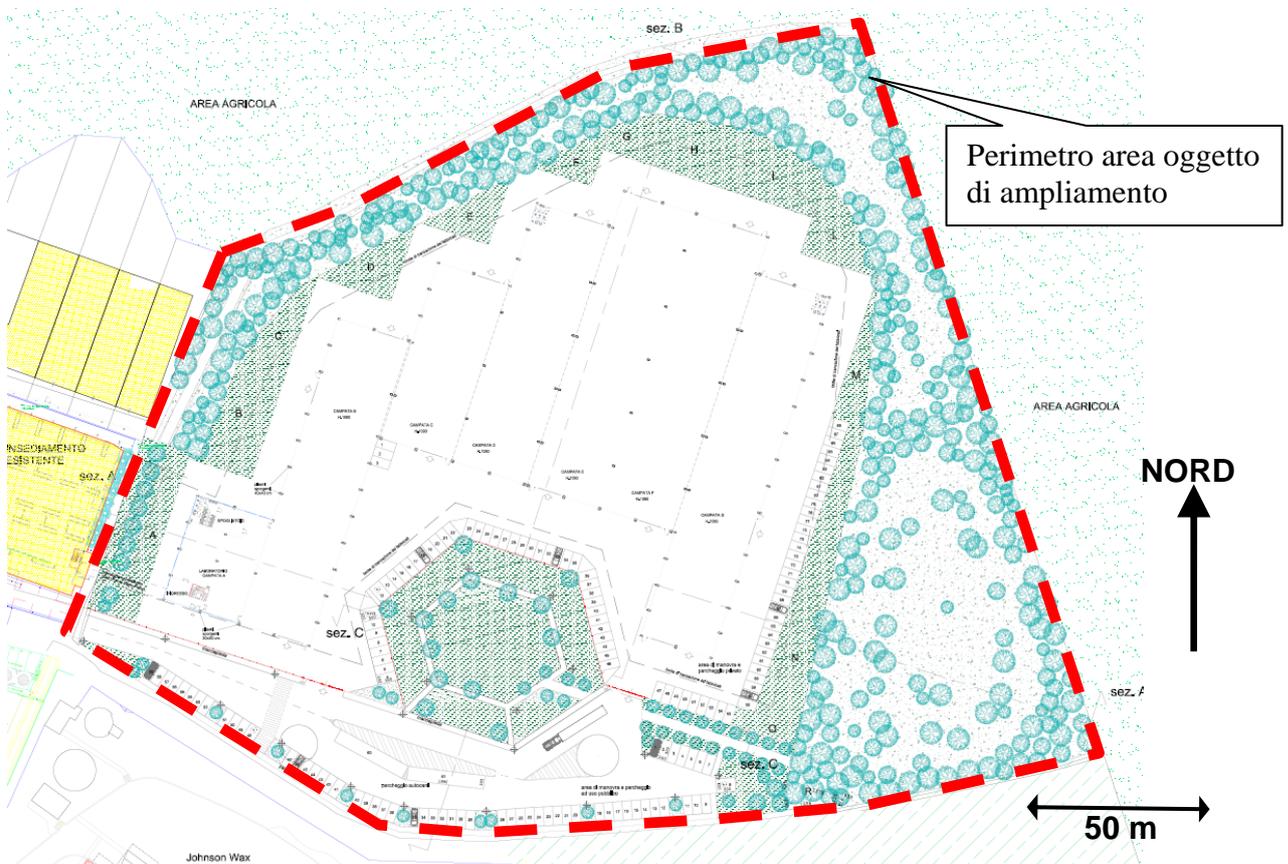


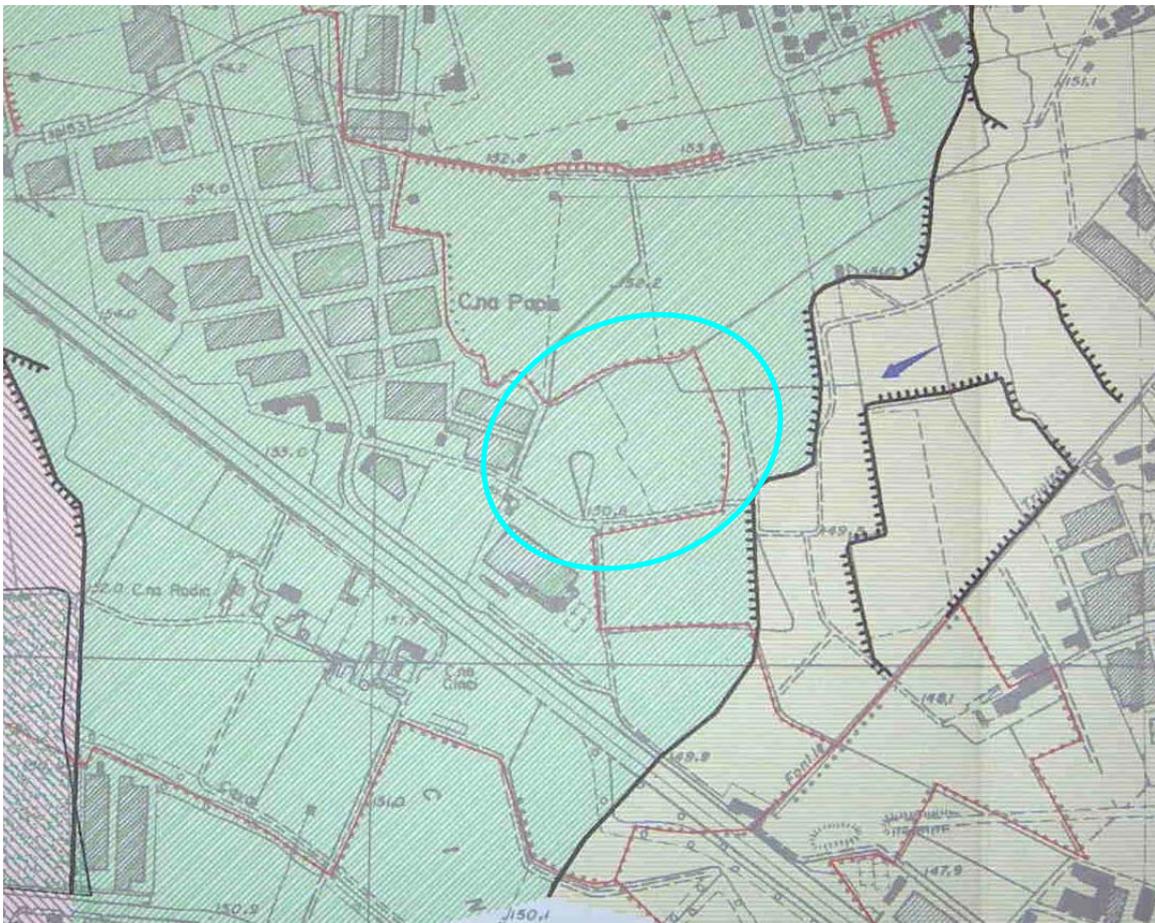
Figura 1: planimetria schematica di progetto( scala grafica).

### 3) Inquadramento

#### 3.1) Caratteristiche geologiche e geomorfologiche

L'area in oggetto è situata nella pianura milanese settentrionale, all'interno del territorio comunale di Arese (MI). La superficie topografica, indicativamente pianeggiante, presenta una modesta pendenza verso Sud.

Localmente non è visibile ne è in altro modo nota la presenza di fenomeni di instabilità dal punto di vista dell'evoluzione geomorfologica.



<p>ALLOGRUPPO DI BESNATE (Pleistocene medio - superiore) Depositi fluvio-glaciali con profilo di alterazione superficiale mediamente evoluto (spessore massimo di 4-5 m). Copertura loessica sempre presente. (Riss - Würm A.A.)</p>	<p>Ghiaie in matrice sabbiosa localmente limosa, passanti a limi argillosi. Strutture da trasporto da correnti trattive. In superficie limi debolmente argillosi compatti (loess alterato).</p>
	Area investigata

Figura 2: estratto della “Carta dei caratteri geologici e geomorfologici” dello “Studio geologico” comunale.

La geologia della zona è legata al meccanismo morfogenetico dei periodi glaciali ed interglaciali (depositi morenici interessati, in fasi successive da erosioni, trasporti ed accumuli verificatisi durante l’alternanza tra glaciazioni e fasi interglaciali). La pianura, che si sviluppa uniforme, è interrotta solamente dagli alvei dei corsi d’acqua attivi e relitti; gli spessori dei terreni alluvionali sono notevolmente ingenti e possono raggiungere alcune centinaia di metri.



Nell'area del progetto secondo quanto individuato nella "Carta geologica d'Italia foglio n. 46 in scala 1:100.000" affiorano i terreni noti in letteratura con il nome di "Ferretto" (Interglaciale Diluvium Medio). Si tratta di un paleosuolo di natura prevalentemente eolica. Tale deposito è costituito da limi e limi argillosi a colorazione rossastra (dovuta all'elevato contenuto in ossidi ed idrossidi di ferro), inglobanti clasti alterati o molto alterati, di natura prevalentemente sedimentarie e subordinatamente ignea e metamorfica. In profondità sono presenti depositi alluvionali di natura ghiaioso sabbiosa con passaggi a ghiaie più limose con ghiaie.

Secondo i più recenti studi di dettaglio come riportato anche sulla carta degli "Elementi geologici e geomorfologici" (vedi Figura 2) dello "Studio geologico" comunale, nella zona affiorano i depositi fluvioglaciali appartenenti all'"Allogruppo di Besnate".

L'allogruppo di Besnate è stato attribuito in letteratura al Pleistocene medio – Pleistocene superiore, corrisponde al Riss-Würm degli autori precedenti (come individuato nella carta geologica nazionale in scala 1:100.000).

L'allogruppo comprende depositi fluvioglaciali con profilo di alterazione superficiale mediamente evoluto (spessore massimo di 4-5 m), con presenza di una copertura loessica superficiale.

Da un punto di vista litologico tali depositi sono costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa localmente limosa, passanti a limi argillosi, con strutture da trasporto da correnti trattive. In superficie sono presenti limi debolmente argillosi compatti (loess alterato).

### **3.2) Caratteristiche idrogeologiche ed idrologiche**

In relazione ai dati noti in letteratura, con particolare riferimento ai numerosi pozzi per approvvigionamento idrico e sondaggi trivellati in aree vicine, nella zona è presente un acquifero libero parzialmente protetto da depositi fini superficiali, con superficie piezometrica posta a 12/14 m dal p.c. con escursioni stagionali di +/- 1,5 m.

Il flusso idrico della falda freatica presenta un orientamento generale Nord Ovest - Sud Est con gradienti prossimi allo 0,02%; questo settore della pianura subisce in modo evidente il cono d'influenza della conurbazione milanese, il cui centro è posto a SE.

In funzione delle peculiari caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, caratterizzato da alternanze di strati e livelli argillosi interposti agli strati ghiaiosi, localmente anche a profondità modeste e dell'ordine di 2 / 5 m, si possono riscontrare locali e temporanee falde sospese derivanti dall'infiltrazione delle acque meteoriche.

Il principale elemento dell'idrologia superficiale è dato dal "Canale scolmatore delle Piene Nord Ovest" posto più a Nord dell'area di intervento, mentre in tutte le zone agricole e nel settore di intervento sono presenti una serie di compluvi e fossi di drenaggio delle acque disposti prevalentemente in direzione N-S ed NE-SW. In



particolare lungo il confine Nord e Ovest dell'area del progetto è presente un fosso parzialmente interrato non appartenente al reticolo idrico minore ed identificato in passato con il nome di F.le Viviani, mentre tra i due capannoni posti lungo il lato W in direzione NW si individua un canale appartenente al reticolo idrico minore.

I terreni non rientrano all'interno della fascia di rispetto di pozzi per acqua potabile.

### 3.3) Caratteristiche meteorologiche

Nel complesso il territorio circostante l'area d'interesse presenta caratteri climatici tipici del clima sublitoraneo alpino, con precipitazioni piovose massime in primavera ed autunno. Non si riscontrano stagioni completamente siccitose.

La piovosità media, secondo i dati misurati presso la stazione pluviometrica di Rho, è di 1.073,2 mm annui, quella massima di 1.639,4 mm annui, e quella minima di 573,0 mm annui.

I giorni piovosi annui, risultano mediamente pari a 100.

Per quanto riguarda l'analisi delle caratteristiche meteorologiche della zona si fa riferimento agli afflussi per una precipitazione di durata  $T = 15/30$  min, che abbia tempo di ritorno ventennale. Per la zona considerata, la curva di possibilità climatica  $h = a T^n$  (dove T è il tempo in ore,  $a = 59,1$ ;  $n = 0,487$ ).

Tabella: Precipitazioni critiche calcolate

T (ore)	0,1	0,3	0,5	1	2
H (mm)	19	33	42	59	83

### 4) Descrizione delle indagini geognostiche eseguite

Per la definizione delle caratteristiche geologiche locali è stato eseguito un rilievo geologico nell'area di intervento ed in un suo intorno significativo, mentre per la caratterizzazione del sottosuolo sono state eseguite (vedasi Figura 3 per l'ubicazione dei punti di indagine) n. 6 prove penetrometriche, realizzate con penetrometro "superpesante". Inoltre sono stati inseriti due tubi piezometrici all'interno della quinta e sesta prova per la misura della quota piezometrica, mentre nella seconda prova penetrometrica, appositamente ultimata a circa 3 m, è stata eseguita una prova di permeabilità a carico variabile.

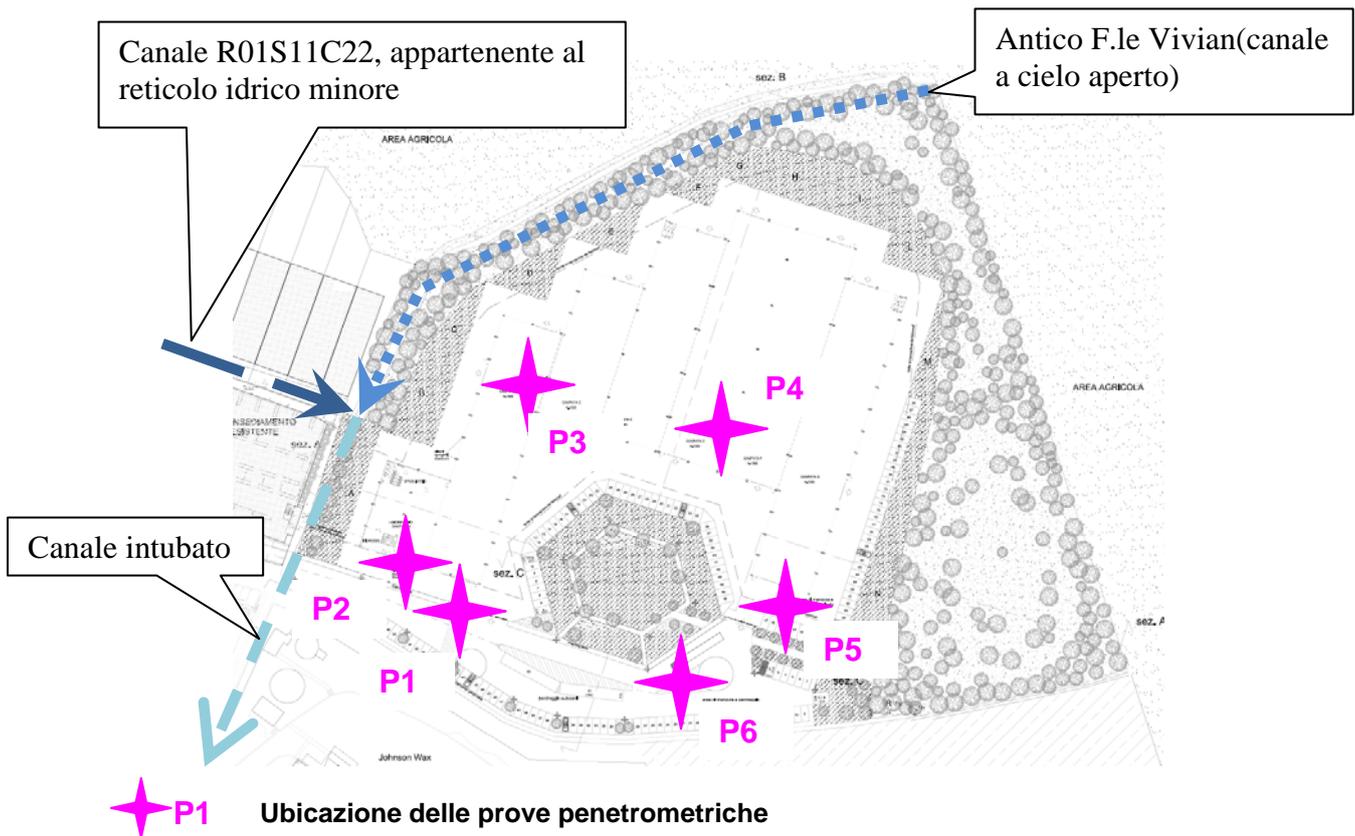


Figura 3: ubicazione delle indagini con elementi dell'idrografia superficiale. (Scala grafica).

#### 4.1) Rilievi di terreno

Per l'individuazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche superficiali sono stati eseguiti dei rilievi di terreno nell'area del progetto ed in un intorno significativo.

La morfologia dei luoghi nell'insieme è pianeggiante con pendenza di 0,7 % verso SSE. I terreni del settore centro-orientale sono utilizzati per le pratiche agricole mentre il settore centro-occidentale sono occupati da folta vegetazione a rovi, contornato da prati a tratti utilizzati per il deposito temporaneo di materiale.

Lungo il lato N ed W (vedi Figura 3) si individua un piccolo fosso (noto in passato come F.le Viviani) della larghezza massima di circa 1 m e poco profondo privo d'acqua ormai infestato dalla vegetazione erbacea ed arborea. Si tratta, per quanto noto, di un impluvio relitto senza funzioni idrauliche e non identificato nei "fontanili attivi" o "fontanili non attivi" censiti dal PTCP di Milano.

In tutta l'area non si rilevano zone con emergenze o ristagni delle acque in superficiale.

In tutta l'area di intervento non sono presenti edifici o strutture.

L'area di intervento risulta stabile e priva di fenomeni legati al dissesto idrogeologico.



## 4.2) Prove penetrometriche

### 4.2.1) Procedura di restituzione dei dati delle prove penetrometriche

Il valore di  $N_{dpt}$ , numero di colpi necessario per far avanzare le aste per l'intervallo di riferimento definito, correlato al  $N_{spt}$  costituisce un indice dello stato di addensamento dei terreni e quindi anche alle sue caratteristiche tecniche. Pertanto da tale valore viene calcolato l'angolo di attrito e la densità relativa del terreno. Inoltre il valore di  $N_{spt}$  viene utilizzato per valutare, tramite formule e abachi di progetto, i risultati relativi alla capacità portante e ai cedimenti delle fondazioni.

Le correlazioni tra i dati ottenuti ed i parametri geotecnici possono essere ricavate come di seguito specificato:

- risalendo dai valori di  $N_{dpt}$  a quelli  $N_{spt}$  (standard penetration test) da  $N_{spt} = N_{dpt} * 1 - 2$ , in funzione del tipo di strumentazione utilizzata (come indicato da Cestari F. Deel 1987 in "Prove geotecniche in situ) ed una ulteriore correzione per i terreni sotto falda mediante la formula di Terzaghi ('48)  $N_{spt\ falda} = 15 + 0.5(N_{spt} - 15)$ ;
- utilizzando le correlazioni tra i parametri geotecnici e  $N_{spt}$  come di seguito illustrato.

#### **Densità relativa ( $D_r$ )**

La densità relativa è ricavata mediante la correlazione  $N_{spt}-D_r$  proposta da Peck - Terzaghi ('48) e Bazaraa ('67) tenendo conto anche della pressione geostatica verticale efficace (peso del terreno).

#### **Angolo di attrito ( $\phi$ )**

L'angolo di attrito drenato viene calcolato mediante la correlazione tra  $N_{spt}-\phi$  di Peck - Hanson - Thornburn ('74), Meyerhof o partendo dal valore di  $D_r$  ( $\phi=f(D_r)$ ) mediante la correlazione proposta da:

- De Mello V.F.B. (1971) sulla base dei valori di  $N_{spt}$ ;
- NAVFAC DM-7 (1971) in funzione della  $D_r$ ;
- Collotta et al. (1989) noti il contenuto di argilla, il limite liquido, l'indice di plasticità.

#### **Peso di volume naturale $\gamma$**

Viene stimato sulla base della granulometria del materiale.

#### **Coesione non drenata $C$**

La valutazione della coesione non drenata è presente solo in terreni non granulari, fini" e richiederebbe la conoscenza dell'indice di plasticità che se non calcolato da prove di laboratorio viene stimato direttamente in cantiere. Le correlazioni utilizzate sono quelle proposte da Terzaghi - Peck ('48) e da NAVFAC DM-7 ('82).



### **Modulo elastico $E_s$**

Il valore del modulo elastico è stato stimato attraverso la correlazione proposta da D'Appolonia (1970), che lega i valori di  $E$  a quelli di  $N_{spt}$ .

#### **4.2.2) Risultati ottenuti**

Sulla base delle prove eseguite, vedi certificati di prova nell'allegato 1, i terreni sono stati investigati fino ad una profondità massima di 10,2 m individuando tre unità geotecniche come descritto nella Tabella 1.

Unità geot.	Profondità strato (in metri dal piano campagna)		Descrizione unità
	Testa	Base	
1	p.c.	0,6 – 1,5	Materiale granulare addensato (massicciata)
2	0,6 – 1,5	2,1 – 6,3	Sabbie limose ghiaiose con lenti di limi argillosi in superficie
3	2,1 – 6,3	Oltre 10 m	Ghiaie sabbiose con lenti sabbiose e limose argillose

**Tabella 1: descrizione delle Unità Geotecniche individuate.**

Dalle indagini è risultato che la stratigrafia locale si presenta abbastanza omogenea; la seconda unità geotecnica risulta avere maggiori spessori nel settore SW.

All'atto della realizzazione delle indagini è stata rilevata la presenza a circa 2 – 3 m di una falda superficiale nel settore centro meridionale (prove 5 e 6).

#### **4.2.3) Caratteristiche geotecniche dei terreni**

Sulla base dei valori di  $N_{dpt}$  registrati durante le prove penetrometriche e dalle correlazioni illustrate nel capitolo n. 4.2.1), sono state ricavate le caratteristiche geotecniche delle unità geotecniche (vedi Tabella 2).

**Tabella 2: caratteristiche delle unità geotecniche. I valori sono stati ricavati considerando la seconda unità immersa in acqua.**

U	Numero colpi			$N_{spt}$	Caratteristiche geotecniche							Addensamento
	Mn	Mx	Md		$P_m$	$\sigma'_v$	$D_r$	$\varphi$	$C_u$	$\gamma_n$	$E_s$	
1	1	5	3	5	0,6	12	30 - 40	30 - 35	10 - 50	16 - 18	5-8	Sciolti
2	3	13	9	11	3,6	72	40 - 50	32 - 36	15 - 150	17 - 18	17-24	Poco-med. addensati
3	10	30	13	15	8,0	160	40 - 50	30 - 35	10 - 100	17 - 20	30-40	Med. addensati

U = Unità geotecnica

Mn = numero di colpi ( $N_{dpt}$ ) minimo

Mx = numero di colpi ( $N_{dpt}$ ) massimo

Md = numero di colpi ( $N_{dpt}$ ) medio, valutato su una media ponderata dei valori misurati

$N_{spt}$  = numero di colpi medio standardizzato (considerando anche la presenza d'acqua)

$P_m$  = profondità media rappresentativa dell'unità geotecnica (m)

$\sigma'_v$  = pressione geostatica efficace alla profondità media rappresentativa dell'unità geotecnica (kPa)

$D_r$  = densità relativa (%)

$\varphi$  = angolo di attrito (°)

$C_u$  = coesione non drenata (kPa) – la coesione drenata possiede valori più bassi

$\gamma_n$  = peso di volume naturale (kN/m<sup>3</sup>)

$E_s$  = modulo elastico (MPa)



#### **4.3) Prova di permeabilità in foro**

Per valutare il coefficiente di permeabilità dei terreni superficiali, identificati come prima unità idrogeologica e comprendenti i depositi tra il p.c. e - 5 m, è stato collocato all'interno del foro della prova penetrometrica n. 2, un tubo infiltrometrico dove è stata eseguita la prove di permeabilità.

Dalla prova (vedi allegato n. 2) è risultato che lo strato superficiale possiede un coefficiente di permeabilità medio di  $k= 10^{-8}$  m/s.

I dati acquisiti hanno permesso di attribuire ai terreni della seconda unità idrogeologica, comprendente i depositi oltre la quota di 5 m e fino a 10 m, un coefficiente di permeabilità di  $k=10^{-3} - 10^{-5}$  m/s.

#### **4.4) Misure piezometriche**

All'interno del foro della quinta e sesta prova penetrometrica sono stati inseriti dei tubi piezometrici allo scopo di misurare la quota della superficie piezometrica della falda freatica.

Come piezometri sono stati utilizzati tubazione in PVC microfessurati del diametro esterno di 4,2 mm (tubazione del tipo utilizzata per i piezometri di piccolo diametro), posizionati fino a fondoforo. La misura della quota piezometrica è avvenuta utilizzando un sondino con cavo avvolgibile metrato di precisione centimetrica a segnalazione acustica.

All'atto dell'estrazione delle aste è risultato che nella quinta prova penetrometrica la superficie della falda freatica era posta a -3,5 m dal piano campagna mentre nella sesta era a -1,6 m dal p.c.

Inseriti i tubi piezometrici si rilevava, porgendo l'orecchio alla testata dei tubi lo scorrimento d'acqua all'interno del tubo. Tale fenomeno di scorrimento d'acqua è stato rilevato per tutto il primo pomeriggio, indicativamente per circa 3/4 ore dopo l'esecuzione delle prove; le misure piezometriche hanno rilevato la presenza d'acqua a circa 6,5 m di profondità subito dopo l'esecuzione delle prove, mentre al termine della giornata, circa 3 - 4 ore dopo la prima misura piezometrica, la superficie piezometrica è risalita di 1,5 m circa.

Tale fenomeno, unitamente ai risultati della prova di permeabilità indica che fino a circa 5 m di profondità è possibile intercettare falde sospese, anche a carattere temporaneo, e che oltre i 6 m di profondità sono presenti terreni ghiaiosi drenanti, in grado di disperdere le acque di infiltrazione. I livelli più profondi presentano caratteristiche idonee alla dispersione delle acque nel sottosuolo.

In ogni caso le condizioni idrogeologiche non sono perfettamente uniformi sull'intera area, e localmente si possono individuare anomalie.



## 5) Compatibilità geologica del Piano Integrato di Intervento

Il comune di Arese è dotato di “Componente geologica della pianificazione comunale” e di “Studio del Reticolo Idrico Minore”.

Le valutazioni geologiche riportate nel presente capitolo hanno fatto riferimento ai “Criteri attuativi dell’art. 57 della L.R. n. 12/05”, come da D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Milano per la zona in studio non sono individuate particolari prescrizioni o salvaguardie in riferimento alle problematiche geologiche. La medesima situazione è rilevabile interrogando il sistema informativo territoriale della Regione Lombardia.

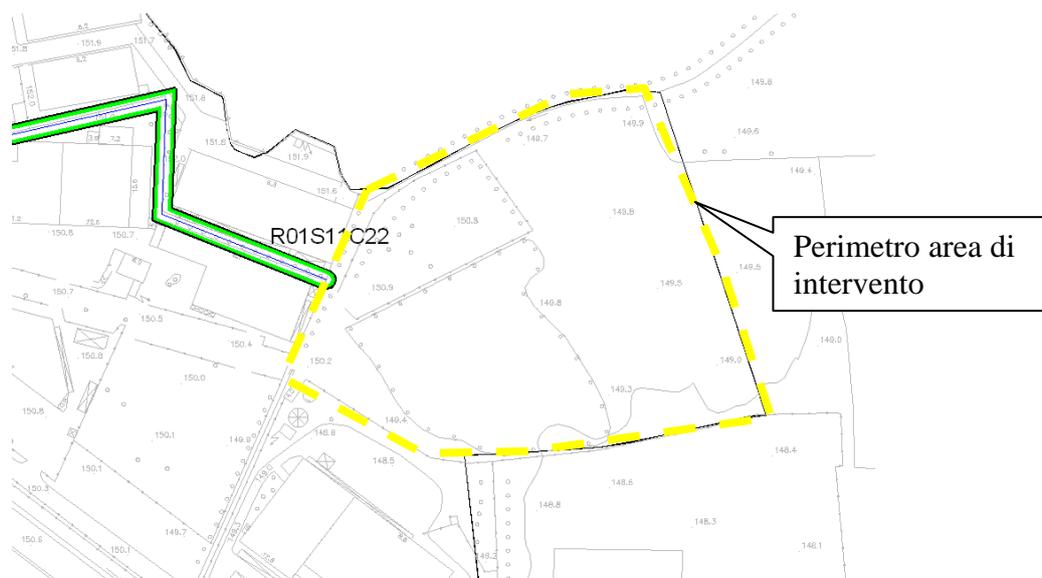
Dai rilievi geologici eseguiti nella zona non sono presenti dissesti idrogeologici attivi o quiescenti che possano interferire con le opere in progetto.

Il progetto e le previsioni urbanistiche risultano eseguibili senza particolari limitazioni di fattibilità geologica, come dalle valutazioni condotte secondo il grado di approfondimento previsto dalla L.R. 12/05 e dalle normative nazionali.

### 5.1) Vincoli geo-ambientali

I terreni oggetto del progetto e della variante urbanistica non rientrano all’interno di aree di rispetto di pozzi per acque potabili.

Dallo Studio del Reticolo Idrico Minore Comunale (vedi Figura 4) risulta che lungo il lato NW al confine dell’area di intervento è presente il tratto terminale di un canale intubato identificato con il codice R01S11C22, canale appartenente al reticolo idrografico del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi definito come “terziario”.



#### Fasce di rispetto

- Limite della Fascia di rispetto di 5 m (dal corso d'acqua appartenente al reticolo minore)
- Limite della Fascia di rispetto di 4 m dal corso d'acqua (per tutti i corsi d'acqua)

Figura 4: estratto della tavola di individuazione del “Reticolo idrico Minore” del Comune di Arese.



Su questo tratto intubato di corso d'acqua lo "Studio del Reticolo idrico Minore" individua una prima fascia di 0 - 4 m e una seconda, ulteriore ed in aggiunta alla precedente, di 1 m.

Le fasce devono essere misurate dal diametro esterno del tubo o del condotto.

All'interno delle fasce di rispetto le opere devono essere verificate, in ragione alle "Norme di polizia idraulica" definite nello Studio del Reticolo Idrico Minore comunale e del regolamento del Consorzio irriguo.

## 5.2) Definizione della classe di fattibilità geologica delle azioni di Piano

Dallo "Studio geologico" comunale di Arese i terreni oggetto di intervento sono classificati in "classe di fattibilità geologica 2c, fattibilità con modeste limitazioni" ad eccezione della fascia di 10 m attorno al canale presente lungo il lato N ed W del confine di proprietà, classificato in "classe 4co, fattibilità con gravi limitazioni, rispetto fluviale per polizia idraulica".

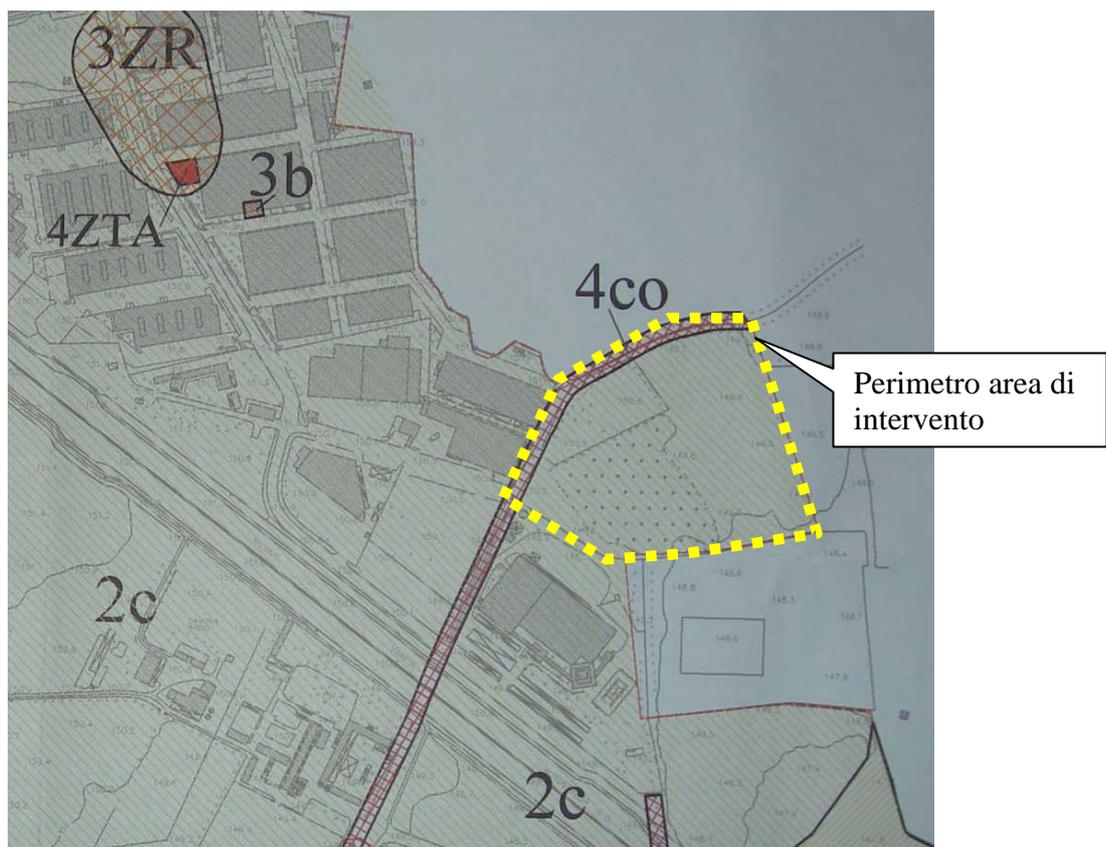


Figura 5: estratto della "Carta di fattibilità delle azioni di Piano" dello studio geologico comunale di Arese.

Nelle aree classificate in classe 2c rientrano le zone pianeggianti costituite da litologie di ghiaie sabbiose con intercalazioni di livelli limosi fino a profondità di 9 m, con drenaggio moderatamente difficoltoso sia in superficie che in profondità. Il parere sull'edificabilità è favorevole con limitazioni legate alle caratteristiche portanti del



terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero. All'interno della fascia classificata 4co sono vietate nuove edificazioni e sono ammesse infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico; le opere e le attività ammesse sono definite dalle "norme di polizia idraulica" (R.D. 13 febbraio 1933, n. 215 - D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002).

Gli scriventi prendendo atto delle classi di fattibilità dello studio comunale esistente per l'area in studio mantengono le medesime classi di fattibilità.

In ogni caso in fase di progettazione definitiva/esecutiva i progetti dovranno essere supportati da una relazione geologica e geotecnica che, nel caso specifico, preveda quanto segue:

- verifica della resistenza dei terreni,
- analisi della sicurezza degli scavi e delle scarpate,
- valutazione dell'assetto idrogeologico ed idraulico dei luoghi con riferimento al drenaggio e deflusso delle acque e la salvaguardia dell'acquifero libero.

La relazione geologica e geotecnica dovrà essere redatta propedeuticamente al progetto e dovrà essere supportata da adeguate indagini geognostiche e rilievi di terreno secondo quanto previsto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.08); le scelte progettuali dovranno essere opportunamente valutate sulla scorta dei dati acquisiti.

### **5.3) Analisi del rischio Sismico**

Secondo le recenti normative ed in particolare il D.M. 14/1/2008 l'intero territorio nazionale è classificato a rischio sismico.

Per quanto riguarda la sismicità dell'area attualmente si devono distinguere le fasi di pianificazione rispetto a quelle di progettazione. In fase di pianificazione (come nel caso della variante urbanistica per il PII) si fa riferimento a quanto specificato nel capitolo seguente denominato "Varianti Urbanistiche", mentre in fase di progettazione si dovrà far riferimento alle norme del D.M. 14/1/2008.

#### Varianti urbanistiche

A seguito dell'entrata in vigore della L.R. 11 marzo 2005 n. 12 e della D.G.R. della Regione Lombardia n. 8/7374 del 28 maggio 2008, le Amministrazioni Comunali qualora procedano all'esecuzione del PGT o debbano modificare gli strumenti urbanistici già cogenti, devono redigere od aggiornare lo studio della componente geologica a supporto della pianificazione territoriale.

Nel nostro caso, per la modificazione degli strumenti urbanistici, si dovrà procedere alla predisposizione di uno specifico studio riguardante l'aspetto sismico dell'area interessata alla modifica del PRG secondo quanto indicato nel cap. 1.4 della D.G.R. della Regione Lombardia n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Secondo tale norma lo studio della componente sismica prevede 3 livelli di approfondimento in funzione della pericolosità del sito e della vulnerabilità delle



previsioni urbanistiche allo scopo di ricavare una stima semiquantitativa della risposta sismica locale e di valutare il grado di protezione con l'applicazione della normativa sismica nazionale (vedi classificazione del suolo del paragrafo seguente); qualora risulti che la normativa nazionale non consideri in modo adeguato gli effetti di amplificazione locale, si dovrà procedere a studi approfonditi di terzo livello oppure alla declassazione in "classe 3".

In via preliminare si possono dare le seguenti indicazioni:

- L'area in studio, in una analisi di 1° livello è attribuibile allo scenario di pericolosità sismica locale Z4a "zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" con amplificazioni litologiche e geometriche".
- Per i comuni come Arese classificati secondo l'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 in classe sismica 4, qualora sia in previsione la realizzazione di opere strategiche e rilevanti, individuabili nell'elenco tipologico del d.d.u.o. n. 19904/03 in cui sono ricomprese scuole e asili che potrebbero essere previsti all'interno del PII (non è ancora stato definito), si dovrà procedere con le analisi di 2° livello.

Per l'area di intervento in riferimento alle opere in progetto non risulta pertanto necessario procedere con analisi di secondo livello.



## 6) Conclusioni

Nell'area sono presenti depositi di natura prevalentemente sabbiosa ghiaiosa con lenti anche limose sabbiose e densità relativa in genere media e buona in profondità.

L'acquifero di tipo libero ha la superficie piezometrica posta alla profondità di oltre 12 / 14 m dal p.c. con escursioni stagionali di circa +/- 1,5 m. In superficie, soprattutto nel settore centro meridionale, sono presenti o possono formarsi delle falde sospese anche a carattere temporaneo. Più in profondità i terreni presentano un grado di permeabilità discreto.

Secondo quanto previsto dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 gli scriventi per i terreni oggetto di studio hanno mantenute le classe di fattibilità geologica come identificate nello "Studio geologico" comunale, ed in particolare (vedi Figura 5);

- classe 2c "fattibilità con modeste limitazioni";
- classe 4co "fattibilità con gravi limitazioni, rispetto fluviale per polizia idraulica" a cui si applicano le norme e le delimitazioni riportate nello Studio del Reticolo Minore comunale, sui terreni della fascia accanto al canale presente lungo il confine Ne W di proprietà.

Per quanto concerne le analisi e le valutazioni degli effetti sismici di sito l'area in studio è attribuibile allo scenario di pericolosità sismica locale Z4a "zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" con amplificazioni litologiche e geometriche, non necessitando approfondimenti di terzo livello.

Il progetto e la variante urbanistica di "Ampliamento del complesso industriale esistente in Via delle Industrie in comune di Arese (MI)" è stato analizzato secondo quanto previsto dall'art. 57 della L.R. 12/05 e risulta così realizzabile, senza particolari limitazioni di fattibilità geologica.

Sulla scorta dei risultati delle indagini geologiche preliminari eseguite, la dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche ricadenti sulle opere in progetto, risulta fattibile anche se con notevoli limitazioni derivanti dalle puntuali caratteristiche idrogeologiche locali.

Le opere interrato dovranno prevedere adeguati sistemi di drenaggio e di impermeabilizzazione per tutte le aree potenzialmente interessate da falde sospese.

In fase di progettazione si dovranno eseguire adeguate indagini geotecniche ed idrogeologiche, di supporto della progettazione delle opere, in grado di definire puntualmente le caratteristiche del sottosuolo locale e di fornire tutti i dati geologici necessari alla progettazione esecutiva.

Agosto 2009

## **ALLEGATO N. 1**

**Certificati delle prove penetrometriche**

---

Committente: Forgiatura Moderna Arese  
Oggetto: Prove penetrometriche Via Industrie in comune di Arese (MI)  
Data: Settembre 2008

---

## **PENETROMETRO “Pagani TG73 - 200”**

### Descrizione della prova

La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, avvitata o alloggiata all'estremità inferiore di una batteria di aste metalliche, mediante battitura con un maglio che cade liberamente da un'altezza costante nota. I numeri necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prefissata vengono annotati e potranno essere utilizzati per interpretare la stratigrafia del sottosuolo mediante correlazione ai valori di  $N_{spt}$  (numeri di colpi delle prove S.P.T. – Standard Penetration Test).

### Attrezzatura e Normativa di riferimento

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico superpesante “Meardi” prodotto dalla Ditta Pagani, seguendo le indicazioni di una delle norme DIN 4094. Tale strumentazione è molto simile alle specifiche della procedura ISSME Technical Committee on Penetration Testing (1988) per quanto concerne i penetrometri “superpesanti”.

### Caratteristiche dell'attrezzatura

Batteria di aste interne del diametro di 32 mm e del peso per metro lineare di 5,1 kg, alla cui estremità inferiore è presente una punta conica del diametro di 50.8 mm ed angolo di apertura di 90°. Le aste sono lisce con tacche graduate ogni 30 cm (per una facile lettura dell'avanzamento unitario della punta conica).

Dispositivo di infissione della punta costituito da un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 75 cm.

### Modalità esecutive

La prova si svolge infiggendo la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm, misurando il numero di colpi necessari ( $N_{dpt}$ ). A seguito dell'infissione di 10 – 50 cm della punta si procede con le eventuali aste di rivestimento. La prova viene sospesa quando il numero di colpi per infiggere la punta supera il valore di 100 (rifiuto).

### I risultati

La documentazione finale della prova è costituita dalla rappresentazione del numero di colpi necessari alla penetrazione di un tratto di 30 cm dell'asta, alla profondità considerata. Si allegano i grafici relativi alle n. 6 prove penetrometriche.

Dott. Geol. Matteo Rota



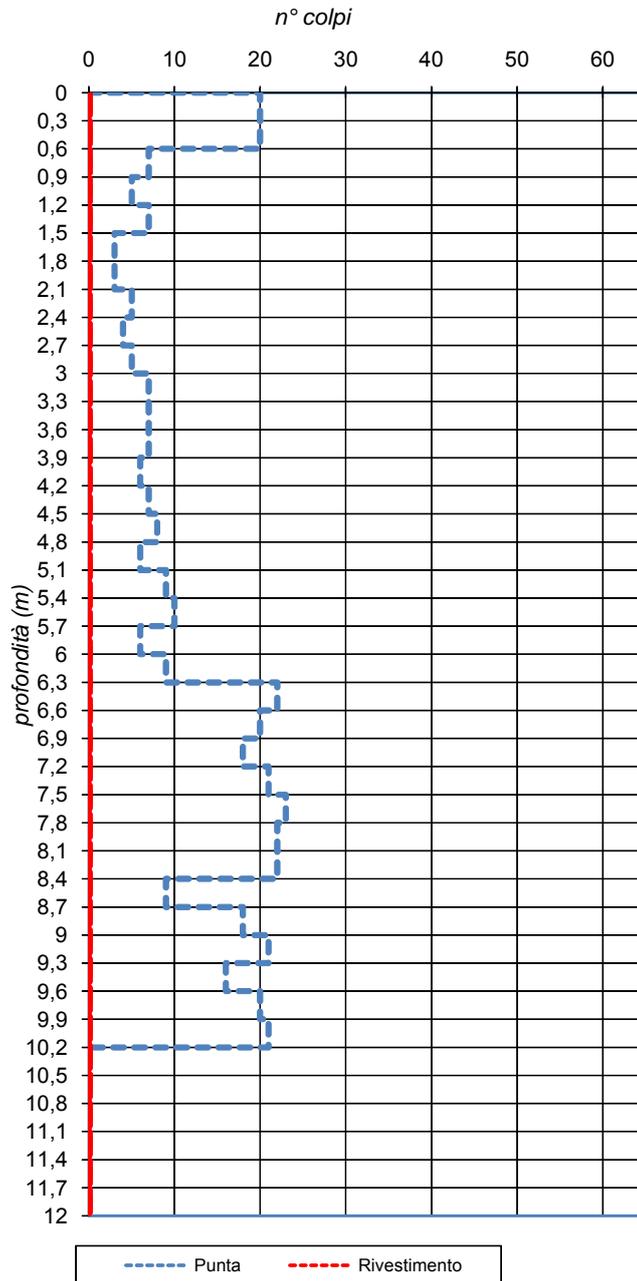
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 1

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	20	
0,6	20	
0,9	7	
1,2	5	
1,5	7	
1,8	3	
2,1	3	
2,4	5	
2,7	4	
3,0	5	
3,3	7	
3,6	7	
3,9	7	
4,2	6	
4,5	7	
4,8	8	
5,1	6	
5,4	9	
5,7	10	
6,0	6	
6,3	9	
6,6	22	
6,9	20	
7,2	18	
7,5	21	
7,8	23	
8,1	22	
8,4	22	
8,7	9	
9,0	18	
9,3	21	
9,6	16	
9,9	20	
10,2	21	
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE:

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

**pag 1 di 1**

Il responsabile tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota

*Matteo Rota*

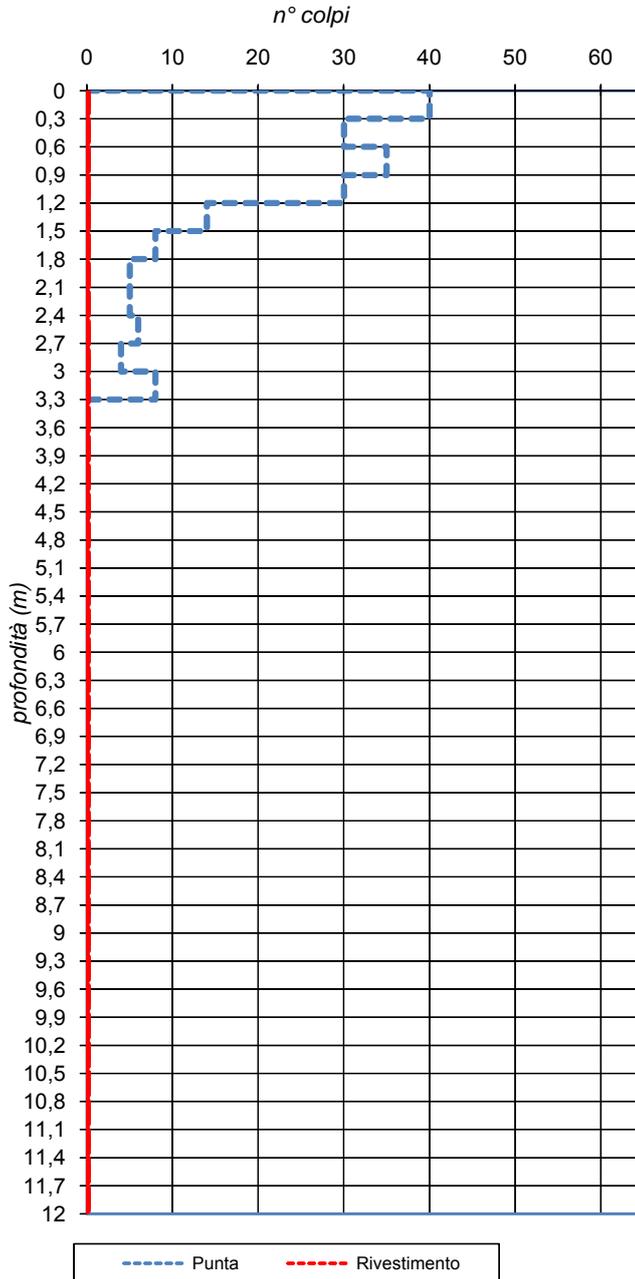
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 2

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	40	
0,6	30	
0,9	35	
1,2	30	
1,5	14	
1,8	8	
2,1	5	
2,4	5	
2,7	6	
3,0	4	
3,3	8	
3,6		
3,9		
4,2		
4,5		
4,8		
5,1		
5,4		
5,7		
6,0		
6,3		
6,6		
6,9		
7,2		
7,5		
7,8		
8,1		
8,4		
8,7		
9,0		
9,3		
9,6		
9,9		
10,2		
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE:

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

**pag 1 di 1**

Il responsabile tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota

*Matteo Rota*

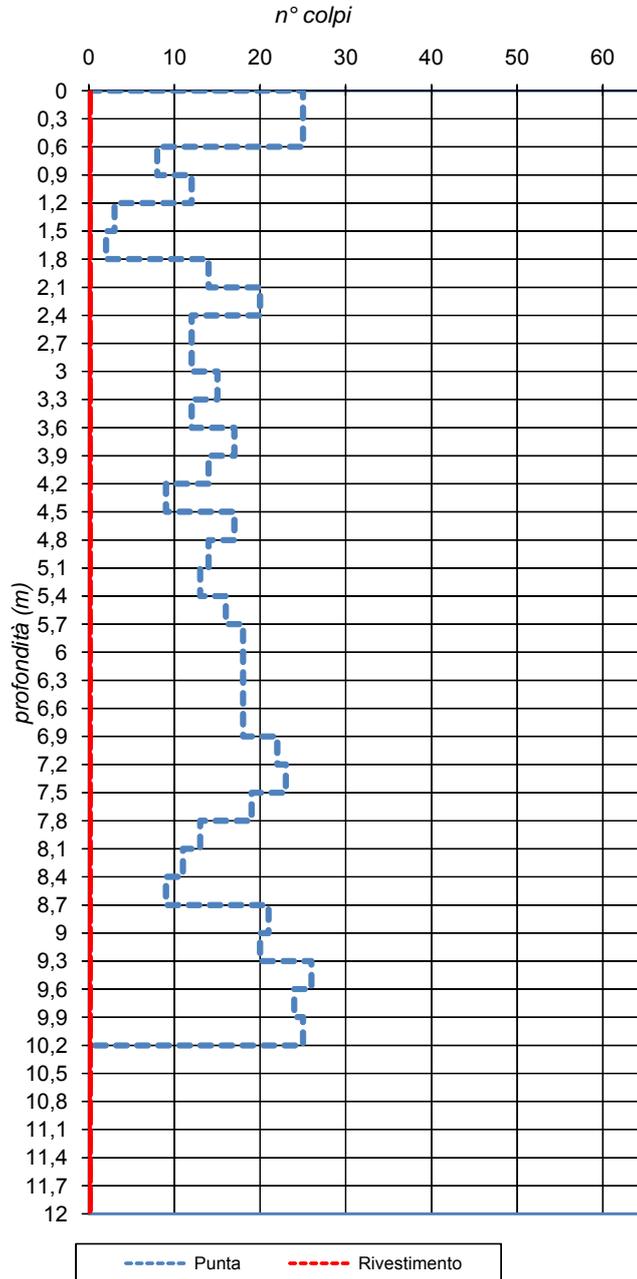
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 3

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	25	
0,6	25	
0,9	8	
1,2	12	
1,5	3	
1,8	2	
2,1	14	
2,4	20	
2,7	12	
3,0	12	
3,3	15	
3,6	12	
3,9	17	
4,2	14	
4,5	9	
4,8	17	
5,1	14	
5,4	13	
5,7	16	
6,0	18	
6,3	18	
6,6	18	
6,9	18	
7,2	22	
7,5	23	
7,8	19	
8,1	13	
8,4	11	
8,7	9	
9,0	21	
9,3	20	
9,6	26	
9,9	24	
10,2	25	
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE:

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

**pag 1 di 1**

Il responsabile tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota

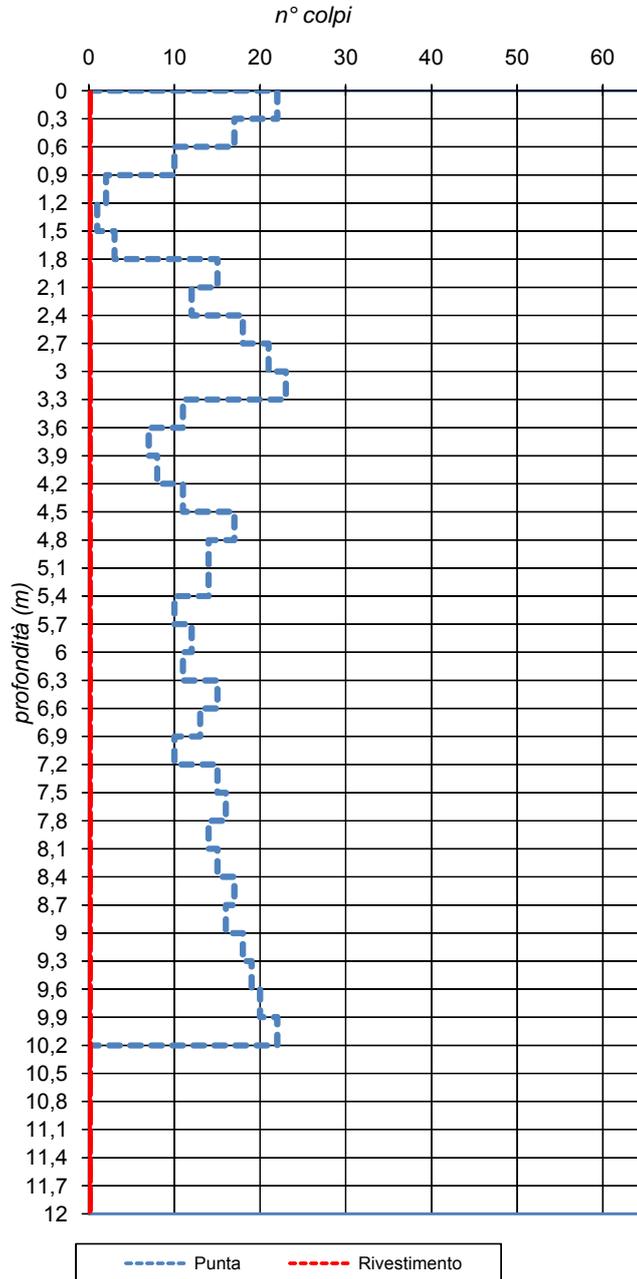
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 4

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	22	
0,6	17	
0,9	10	
1,2	2	
1,5	1	
1,8	3	
2,1	15	
2,4	12	
2,7	18	
3,0	21	
3,3	23	
3,6	11	
3,9	7	
4,2	8	
4,5	11	
4,8	17	
5,1	14	
5,4	14	
5,7	10	
6,0	12	
6,3	11	
6,6	15	
6,9	13	
7,2	10	
7,5	15	
7,8	16	
8,1	14	
8,4	15	
8,7	17	
9,0	16	
9,3	18	
9,6	19	
9,9	20	
10,2	22	
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE:

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

pag 1 di 1

Il responsabile tecnico: *Matteo Rota* Dott. Geol. Matteo Rota

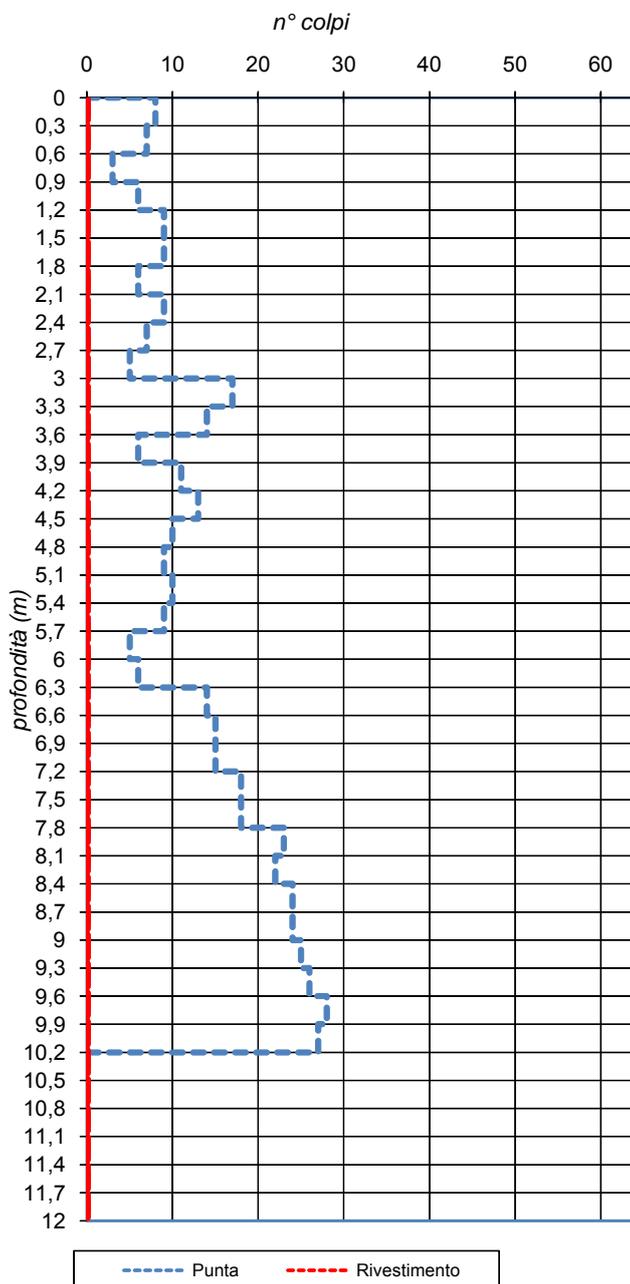
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 5

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	8	
0,6	7	
0,9	3	
1,2	6	
1,5	9	
1,8	9	
2,1	6	
2,4	9	
2,7	7	
3,0	5	
3,3	17	
3,6	14	
3,9	6	
4,2	11	
4,5	13	
4,8	10	
5,1	9	
5,4	10	
5,7	9	
6,0	5	
6,3	6	
6,6	14	
6,9	15	
7,2	15	
7,5	18	
7,8	18	
8,1	23	
8,4	22	
8,7	24	
9,0	24	
9,3	25	
9,6	26	
9,9	28	
10,2	27	
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE: presenza d'acqua a quota -3,5 m dal p.c.

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

**pag 1 di 1**

Il responsabile tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota

*Matteo Rota*

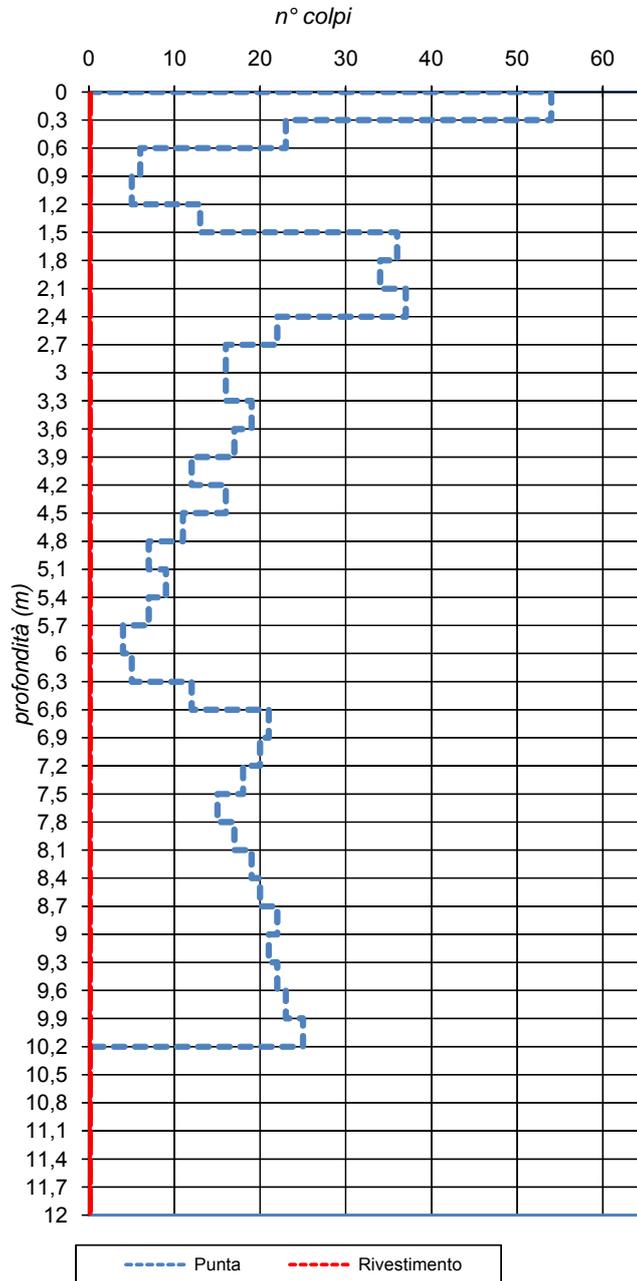
Società di ingegneria Corna Pelizzoli Rota S.r.l., Via Corridoni n 27 - Bergamo  
**SETTORE GEOTECNICA - PROVA PENETROMETRICA S.C.P.T.**

**Committente:** Forgiatura Moderna Arese S.r.l.  
**Località:** Via Industrie - Arese (MI)

**Data:** 08/09/2008  
**Prova Penetrometrica n.** 6

Profondità	n. colpi punta	n. colpi rivestimento
0,3	54	
0,6	23	
0,9	6	
1,2	5	
1,5	13	
1,8	36	
2,1	34	
2,4	37	
2,7	22	
3,0	16	
3,3	16	
3,6	19	
3,9	17	
4,2	12	
4,5	16	
4,8	11	
5,1	7	
5,4	9	
5,7	7	
6,0	4	
6,3	5	
6,6	12	
6,9	21	
7,2	20	
7,5	18	
7,8	15	
8,1	17	
8,4	19	
8,7	20	
9,0	22	
9,3	21	
9,6	22	
9,9	23	
10,2	25	
10,5		
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		

**Grafico prova penetrometrica**



Penetrometro Tipo Meardi - Maglio: 73 Kg, Corsa: 75 cm, Punta: 50,8 mm

NOTE: presenza d'acqua a -1,6 m dal p.c.

QUOTA INIZIO PROVA: piano campagna

pag 1 di 1

Il responsabile tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota

*Matteo Rota*

## **ALLEGATO N. 2**

**Certificati delle prove di permeabilità a carico variabile**

Committente: Forgiatura Moderna Aree  
Oggetto: Prove di permeabilità Via delle Industrie – Arese (MI)  
Data: Settembre 2008

## PROVE DI PERMEABILITÀ A CARICO VARIABILE, IN FORO

### Descrizione della prova

La prova prevede l'installazione, in foro, di una colonna filtrante costituita da una tubazione in PVC microfessurata per il tratto da testare.

La fase sperimentale si svolge mediante lo scarico di acqua nella tubazione fino a saturazione dello spazio campione del sottosuolo da testare, in seguito si misurano tempi e abbassamenti del livello idrico.

### Caratteristiche dell'attrezzatura

Diametro del foro 5,08 cm.

Tubazione in PVC microfessurata e cieca, del diametro esterno di 4,2 mm (tubazione del tipo utilizzata per i piezometri di piccolo diametro). La porzione fessurata è a partire dalla quota di fondoforo, ed è lunga in genere 3 m, mentre la parte cieca è quella soprastante fino a piano campagna. La tubazione è aperta al fondo.

Lo strato di terreno testato è quello interessato dal tratto testato terminale della tubazione microfessurata di circa 1,5 – 0,5 m dal fondoforo.

Sondino con cavo avvolgibile metrato di precisione centimetrica, per rilevazione d'acqua, a segnalazione acustica.

Cronometro con precisione 1”.

### Modalità esecutive

La preparazione della prova prevede l'esecuzione di un foro ad esempio mediante l'attrezzatura delle prove penetrometriche SCPT, fino alla quota ove si intende determinare la permeabilità del terreno.

Nel foro viene calata una tubazione in plastica microfessurata e cieca.

L'inizio della prova prevede la saturazione del terreno mediante continua immissione di acqua limpida, a temperatura ambiente, nel foro, fino a quando si è raggiunta una filtrazione costante nel tempo.

La saturazione è verificata misurando, senza immissione d'acqua, l'abbassamento costante del livello nel tempo.

Alla saturazione, si misurano gli abbassamenti del livello idrico mediante l'utilizzo del sondino ed i relativi intervalli di tempo, mediante cronometro.

### I risultati

La documentazione finale della prova è costituita dalla rappresentazione degli abbassamenti del livello idrico e relativi intervalli tempo.

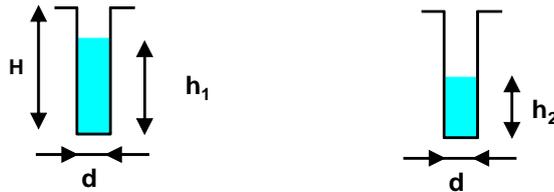
Si allegano i grafici relativi alla prova eseguita.

Dott. Geol. Matteo Rota



**SOCIETÀ DI INGEGNERIA CORNA PELIZZOLI ROTA S.R.L. - Via Corridoni n° 27 - Bergamo**  
**Prova di permeabilità a carico variabile in pozzetto superficiale di forma circolare (A.G.I. 1977)**

Committente: **Forgiatura Moderna Arese**  
Località: **Via delle Industrie - Arese (MI)**  
Data: **08/09/2008**



$$K = (d/32) * (h_1 - h_2/t_2 - t_1) * (1/h_m)$$

$h_2 - h_1$  = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo di tempo  $t_2 - t_1$

$t_2 - t_1$  = intervallo di tempo della misura

$d$  = diametro del pozzetto circolare

$h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto

$k$  = permeabilità (m/s)

**DPT n. 2**

$H = 3,5$  m

$h_1$ =(cm) 350

$h_2$ =(cm) 340

$t_2 - t_1$ =(sec) 1200,0

$d$ =(cm) 5,08

**$K$ =(m/s) 3,83E-08**

Il responsabile Tecnico: Dott. Geol. Matteo Rota