



**Comune di  
ARCOLE**

**Provincia di  
Verona**

**P.A.T.**

**Elaborato**

**Geol.1**

## **Relazione esplicativa della cartografia geologica**

Base cartografica: C.T.R. del Veneto formato shape 2005 - Georeferenziazione: Gauss-Boaga Fuso Ovest



### **GRUPPO DI LAVORO**

**Responsabile Ufficio**

**Tecnico Comunale**

*Arch. Daniela Bravi*

**Progettista Incaricato**

*Arch. Roberto Sbrogiò*

**Quadro Conoscitivo**

*MapDesk*

**Valutazione Ambientale Strategica**

*Studio Benincà*

**Analisi Agromoniche**

*Studio Benincà*

**Valutazione VINCA**

*Studio Benincà*

**Analisi Geologiche**

*Studio di Geologia  
Tecnica ed Ambientale*

**Valutazione Compatibilità Idraulica**

*Studio di Geologia  
Tecnica ed Ambientale*

COMUNE DI ARCOLE  
Sindaco on. Giovanna Negro

REGIONE VENETO  
Direzione Urbanistica

ANALISI GEOLOGICA

dott. geol. Romano Rizzotto

dott. geol. Cristiano Tosi

**STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE**  
Via Sabotino 1/B 37124 VERONA  
tel fax 045.830.10.96 email: studio@sgta.it

## INDICE

1	1. <i>PREMESSA</i> .....	3
2	<i>CARTA GEOMORFOLOGICA</i> .....	4
3	<i>CARTA GEOLITOLOGICA</i> .....	6
4	<i>CARTA IDROGEOLOGICA</i> .....	24
5	<i>CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI</i> .....	27
6	<i>CARTA DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA</i> .....	39

## 1 1. PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Arcole (VR), è stata svolta un'indagine sul territorio, al fine di predisporre la cartografia geologica relativa al P.A.T.. La presente relazione compendia i dati presentati nei seguenti elaborati cartografici alla scala 1:10.000:

- Carta Geomorfologica
- Carta Geolitologica
- Carta Idrogeologica
- Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi
- Carta della Compatibilità Geologica.

L'indagine è stata svolta nel periodo settembre 2006 – maggio 2010 e si è avvalsa delle ricerche bibliografiche, dello studio interpretativo delle foto aeree e del rilevamento geologico sul terreno.

Particolare attenzione è stata rivolta alla delimitazione degli affioramenti dei vari litotipi presenti sul territorio comunale e alla descrizione delle loro caratteristiche granulometriche ed idrogeologiche.

La vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è invece stata determinata con il metodo SINTACS (**S**oggiacenza, **I**nfiltrazione efficace, **N**on-saturo, **T**ipologia di copertura, **A**cquifero, **C**onducibilità idraulica, **S**uperficie topografica).

Dall'analisi delle carte geomorfologica, geolitologica ed idrogeologica è stata elaborata la carta della compatibilità geologica ed il territorio comunale è stato suddiviso, ai fini edificatori, in: *aree idonee, idonee a condizione (per pericolosità idraulica moderata e per attività estrattiva) e non idonee.*

Per le legende delle diverse carte sono state utilizzate le grafie unificate predisposte dal Servizio Geologia della Regione del Veneto aggiornate al gennaio 2010.

## 2 CARTA GEOMORFOLOGICA

Il territorio del comune di Arcole, che si estende su una superficie di circa 18,92 km<sup>2</sup>, si trova all'interno dell'unità nota in letteratura come «antico conoide dell'Adige», formato dal materasso alluvionale depositato dal fiume Adige nelle sue ripetute divagazioni, le cui litologie rilevate in superficie presentano una granulometria prevalentemente sabbiosa e sabbio-limosa.

L'assetto geomorfologico comunale risulta condizionato dalla presenza dell'ampio conoide fluvioglaciale pleistocenico del Fiume Adige; quest'ultimo risulta inciso, nella parte occidentale del territorio comunale, dal divagare del corso d'acqua pensile del torrente Alpone.

Il conoide Atesino risulta inoltre modellato dagli antichi paleoalvei dell'Adige, testimoni di ampie divagazioni del Fiume Adige lungo direttrici più orientali rispetto alla posizione dell'attuale alveo.

Altro elemento morfologico importante è la scarpata erosiva, che percorre da Nord a Sud l'intero territorio comunale, con altezze che variano da 4 metri a 1 metro rispetto al p.c. circostante.








Localmente si individuano poi dossi sabbiosi, allungati secondo la direzione Ovest-Est, il più evidente dei quali si osserva in località Gazzolo.

Come riferito dai tecnici del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta e osservato durante i rilievi di campagna, esistono quattro aree depresse in pianura alluvionale situate nella parte occidentale del territorio comunale al di sotto dell'orlo di scarpata fluviale.

Nella parte a Nord Ovest del territorio comunale, in prossimità della zona industriale, si trova un relitto di un canale abbandonato pensile che sfociava nel torrente Alpone. A seguito dei lavori di Bonifica infatti tale tratto di canale è stato dismesso e in parte ricoperto.

Le Ordinanze del P.C.d.M. n°3274, del 20.03.2003, n°3379 del 05.11.2004 e loro integrazioni e modifiche inseriscono il Comune di Arcole tra i territori sismici in Zona 3.

Data la genesi del territorio, la maggior parte dei lineamenti morfologici rilevabili sono riferibili a forme fluviali e fluvioglaciali e artificiali, come di seguito descritte secondo le grafie e le codifiche previste dagli atti di indirizzo regionali.

SIMBOLO	CODICE	DESCRIZIONE
<i>FORME FLUVIALI, FLUVIOGLACIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO</i>		
	M-FLU-06	TRACCIA DI CORSO FLUVIALE ESTINTO A LIVELLO DI PIANURA O LEGGERMENTE INCASSATO
	M-FLU-17	ORLO DI SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE O DI TERRAZZO: ALTEZZA INFERIORE A 5 METRI
	M-FLU-35	DOSSO FLUVIALE
	M-FLU-33	AREA DEPRESSA IN PIANURA ALLUVIONALE, CONCA DI DECANTAZIONE
<i>FORME ARTIFICIALI</i>		
	M-ART-13	CANALE ABBANDONATO
	M-ART-21	ALVEO DI CORSO D'ACQUA PENSILE
	M-ART-25	ARGINI PRINCIPALI

### 3 CARTA GEOLITOLOGICA

Il territorio del comune di Arcole è costituito dal materasso alluvionale depositato dal Fiume Adige nelle sue ripetute divagazioni. Le litologie presenti sono costituite in prevalenza da sedimenti depositati dai ghiacciai dell'era Pliocenica e Quaternaria alle pendici dei rilievi montuosi e successivamente rimaneggiati e trasportati dai fiumi e torrenti principali. Tali corsi d'acqua, rappresentati in particolare dal Fiume Adige, non regimati e contenuti all'interno di argini, spaziavano lungo tutta la pianura Veronese alternando il deposito di materiale a granulometria medio-grossolana e di materiale più fine, al variare della loro energia. La variazione di energia talvolta improvvisa e caotica, ha portato alla formazione di stratificazioni ad andamento non omogeneo e con litologie non uniformi.








Le litologie arealmente più estese sono rappresentate dalle alluvioni a tessitura prevalentemente sabbiosa; esse occupano quasi la totalità del settore centro orientale del territorio comunale. Si tratta di sabbie costituite da elementi Quarzosi, da Plagioclasti, Feldspati e Miche trasportati dal Fiume Adige durante il Pleistocene superiore.

Le alluvioni a tessitura prevalentemente limosa affiorano principalmente all'interno del piano di divagazione del Torrente Alpone; questi depositi presentano una colorazione bruna e spesso contengono frammenti di rocce basaltiche e di calcari cenozoici e mesozoici, caratteristici del bacino idrografico del torrente Alpone.

Alluvioni a tessitura prevalentemente argillosa, localmente con significative percentuali di materiale organico e/o torba, sono presenti nella parte orientale del territorio comunale, al confine con il Comune di Belfiore.

Terreni con significativa presenza di materiale argilloso affiorano anche nel settore settentrionale del territorio comunale.

Le unità litologiche cartografate sono le seguenti:

SIMBOLO	CODICE	DESCRIZIONE
<i>MATERIALI ALLUVIONALI, MORENICI, FLUVIOGLACIALI, LACUSTRI, PALUSTRI E LITORALI</i>		
	L-ALL-05	MATERIALI ALLUVIONALI, FLUVIOGLACIALI, MORENICI O LACUSTRI A TESSITURA PREVALENTEMENTE LIMO-ARGILLOSA
	L-ALL-06	MATERIALI ALLUVIONALI, FLUVIOGLACIALI, MORENICI O LACUSTRI A TESSITURA PREVALENTEMENTE SABBIOSA
	L-ALL-09	MATERIALE DI DEPOSITO PALUSTRE A TESSITURA DIE E TORBIERE
<i>PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA</i>		
	L-IND-01	PROVA PENETROMETRICA E SUO NUMERO RELATIVO
	L-IND-02	SONDAGGIO E SUO NUMERO RELATIVO
	L-IND-03	TRINCEA E SUO NUMERO RELATIVO
	L-IND-06	STRATIGRAFIA DI POZZO E SUO NUMERO RELATIVO

Alle differenti litologie è stata associata una classe di permeabilità, descritta nella cartografia secondo le seguenti indicazioni fornite dalla Regione del Veneto:

LITOLOGIA	CLASSE	PERMEABILITA'
Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa	3A - Depositi poco permeabili per porosità	$K=10^{-4} - 10^{-6}$ cm/s
Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa	2A - Depositi mediamente permeabili per porosità	$K=10^{-2} - 10^{-4}$ cm/s
Materiali di deposito palustre a tessitura fine e torbiere	4A - Depositi praticamente impermeabili	$K < 10^{-6}$ cm/s

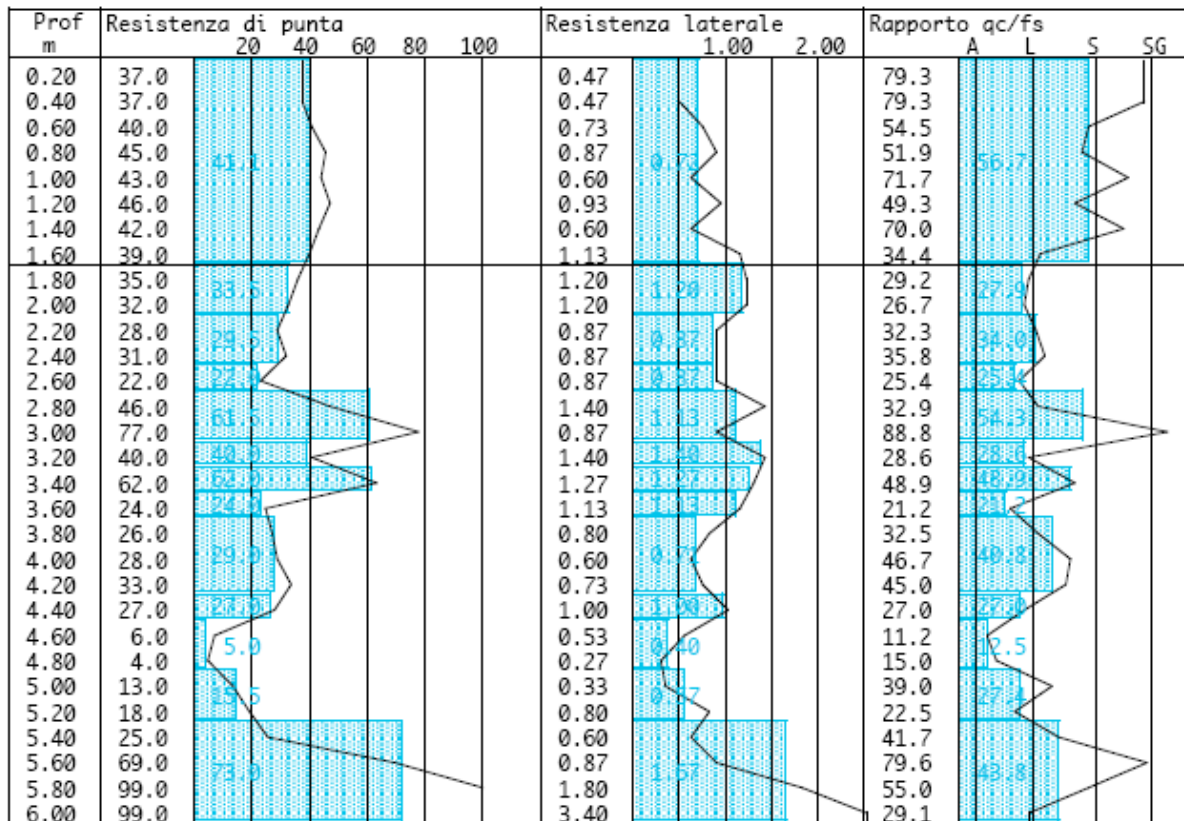
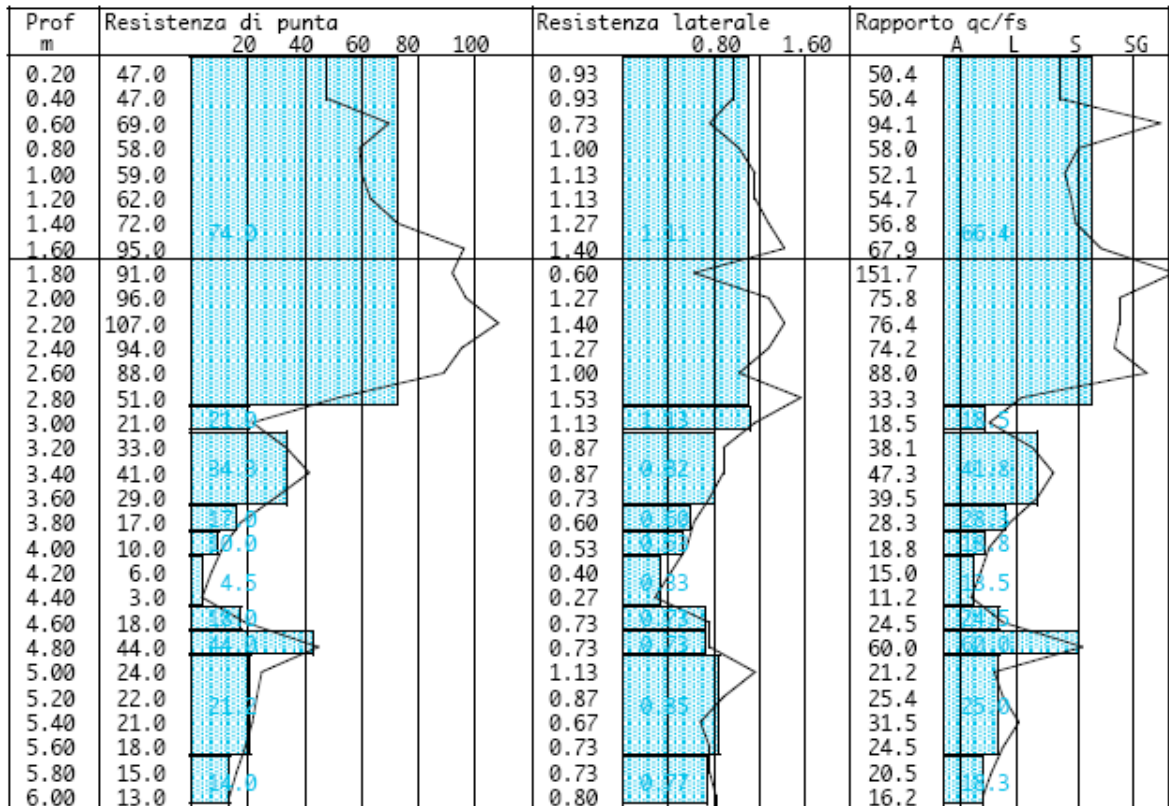
Di seguito si riportano le stratigrafie dei sondaggi, delle trincee esplorative e dei pozzi con il numero progressivo. I dati stratigrafici sono integrati da informazioni sulla profondità della falda.

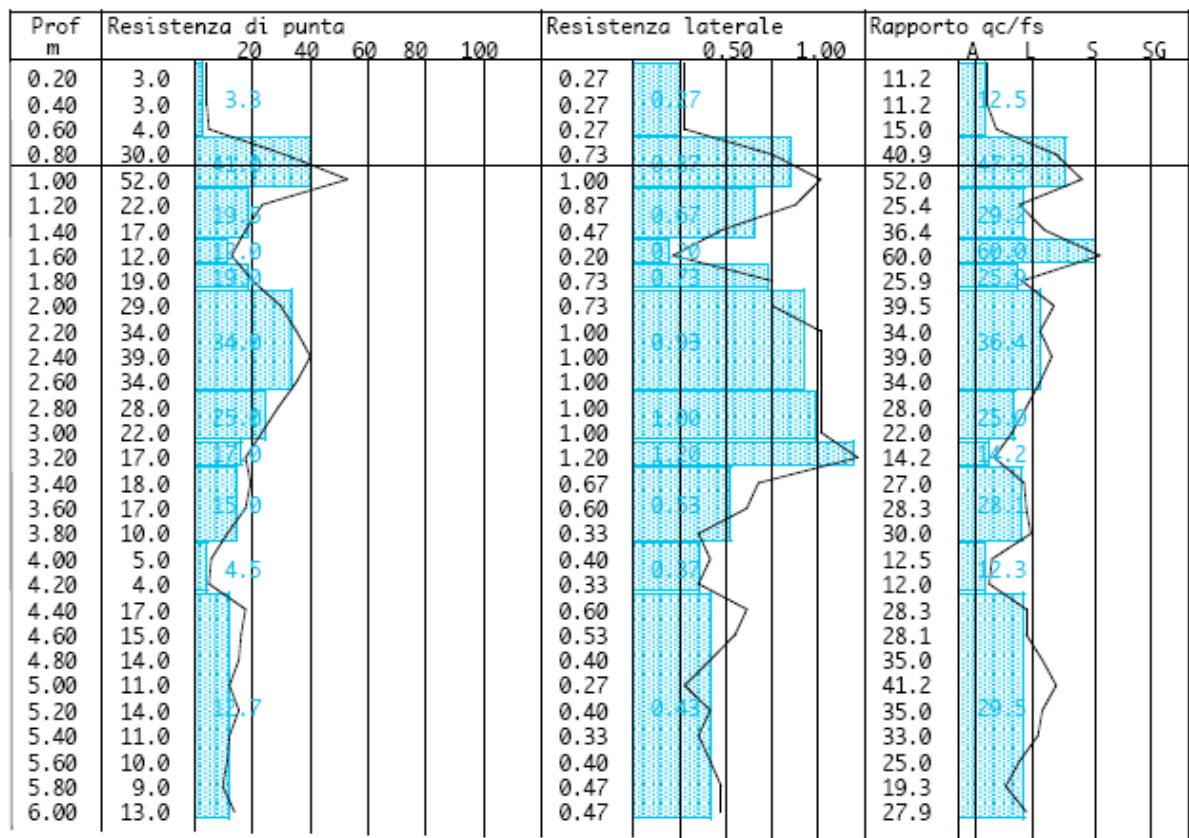
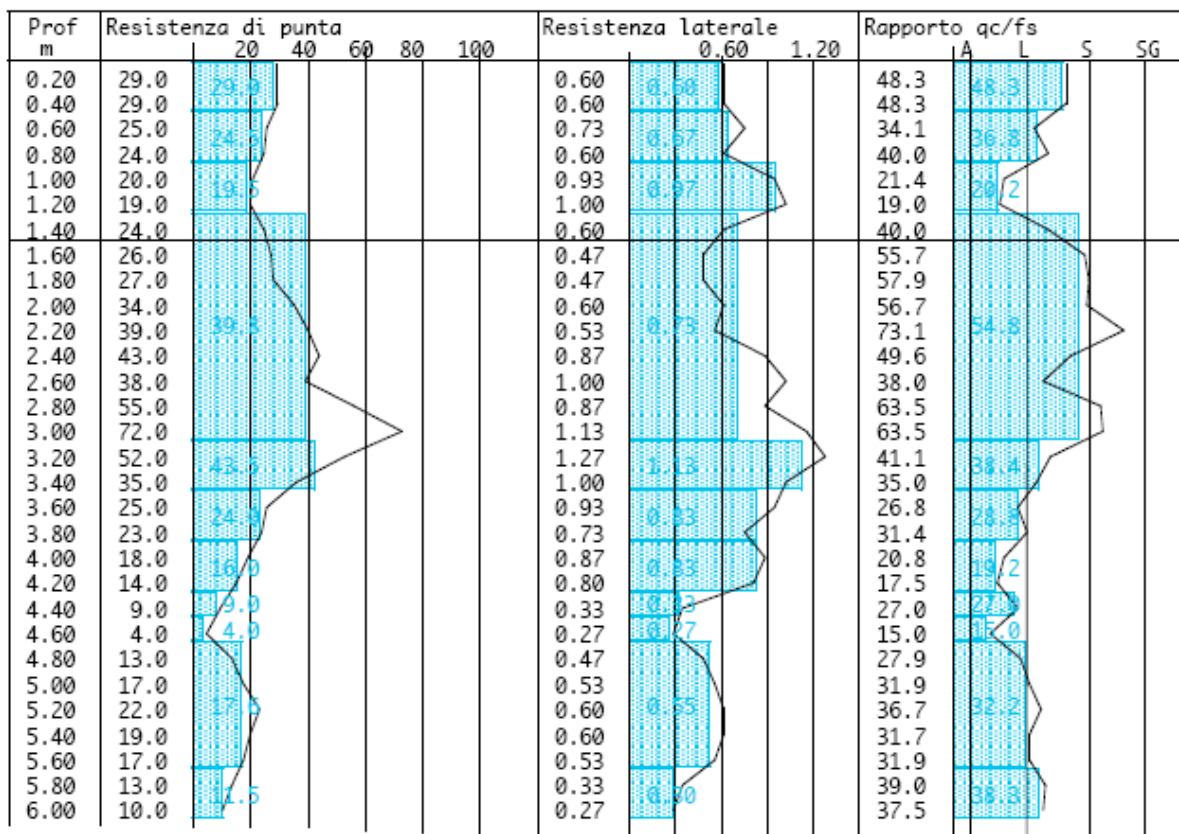
TRINCEE				
NUMERO	DA	A	LITOLOGIA	FALDA
<b>1</b>	0	-0,2	Terreno vegetale	n.r.
	-0,2	-0,90	Sabbia medio-fine rossastra	
	-0,9	-2,30	Sabbia medio fine leggermente limosa color nocciola	
	-2,30	-2,60	Sabbia fine limosa	
	-2,60	-3	Sabbia medio grossa leggermente limosa	
	-3	-3,50	Sabbia fine limosa	
	-3,50	-4	Argilla leggermente limosa grigia con livelli sabbiosi	
<b>2</b>	0	-0,8	Terreno vegetale	n.r.
	-0,8	-4,5	Sabbia debolmente limosa	
<b>3</b>	0	-0,8	Terreno vegetale	n.r.
	-0,8	-2	Limo sabbioso	
<b>4</b>	0	-0,75	Terreno vegetale: sabbia fine limosa di color nocciola	n.r.
	-0,75	-1,20	Sabbia fine limosa di color marrone	
	-1,20	-1,70	Sabbia fine limosa di colore nocciola biancastra	
	-1,70	-2,10	Limo con sabbia fine debolmente argilloso di colore nocciola con fiamme di ossidazione e resti vegetali	



# PROVE PENETROMETRICHE

## N°5





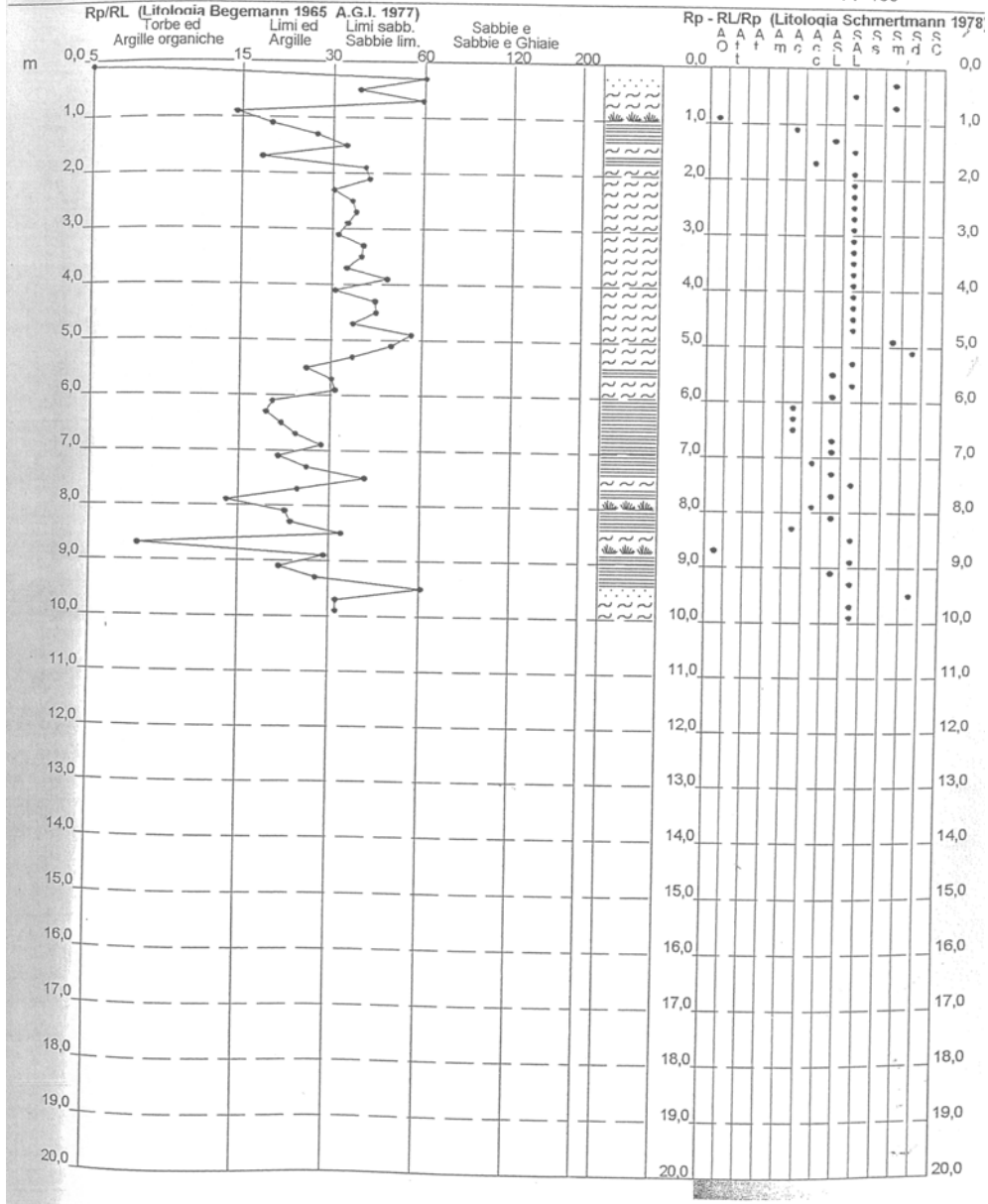
# N°6

## PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

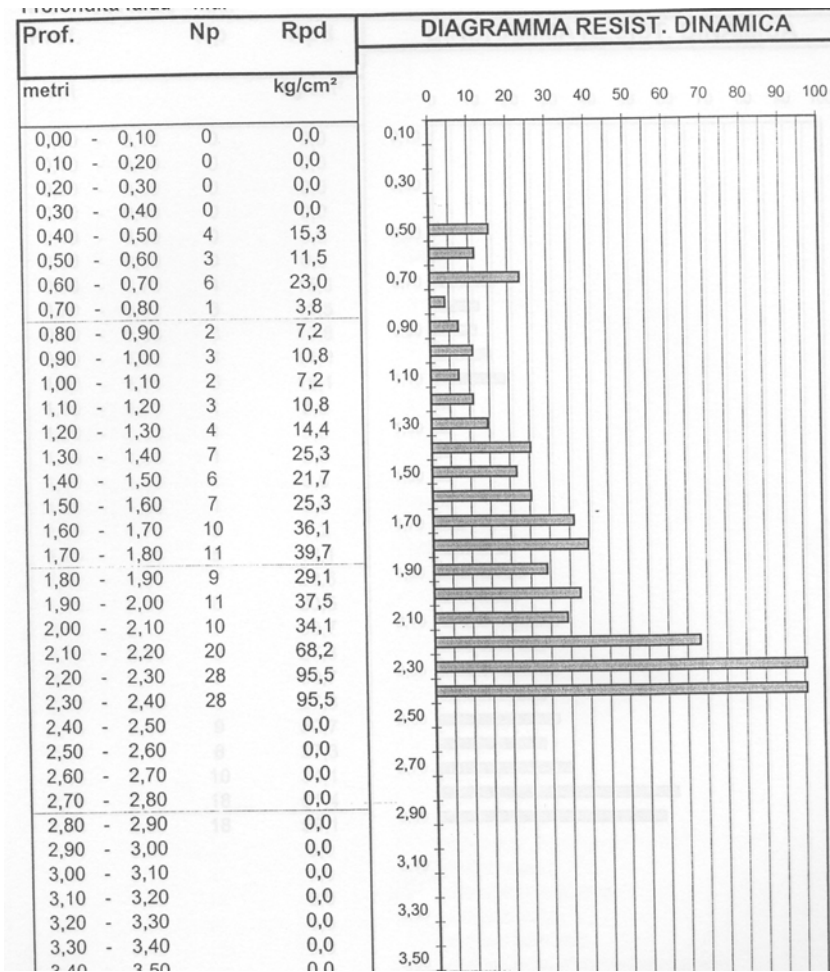
**CPT 1**

3.010399-00

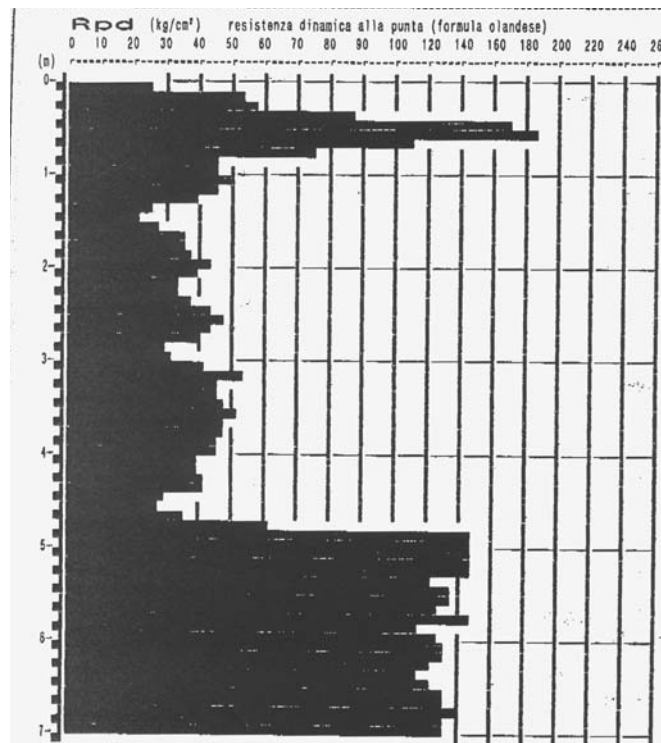
- committente : Amm. Comunale di Arcole - V.le Marconi - Arcole (VR) - lavoro : Ampliamento loculi cimitero - località : Cimitero Comunale di Arcole (VR) - note :	- data : 05/02/2003 - quota inizio : Piano Campagna - prof. falda : Falda non rilevata - scala vert.: 1 : 100
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



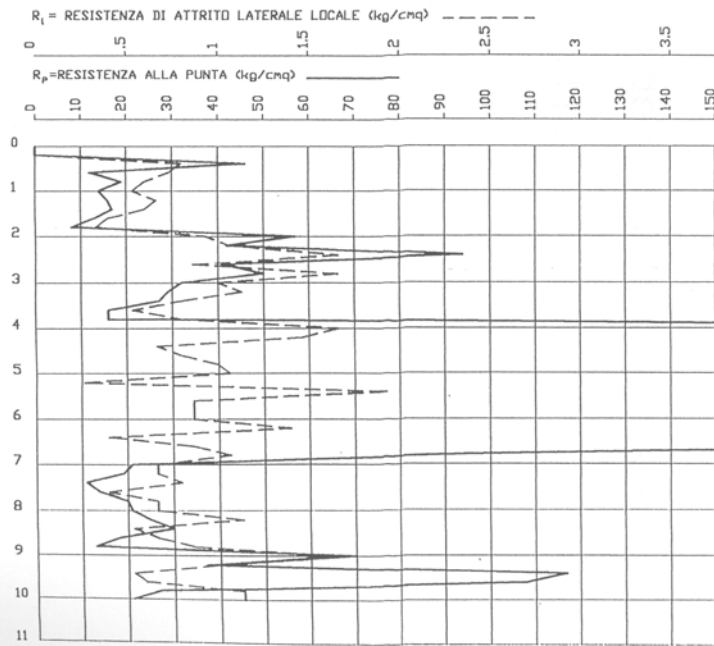
# N°7



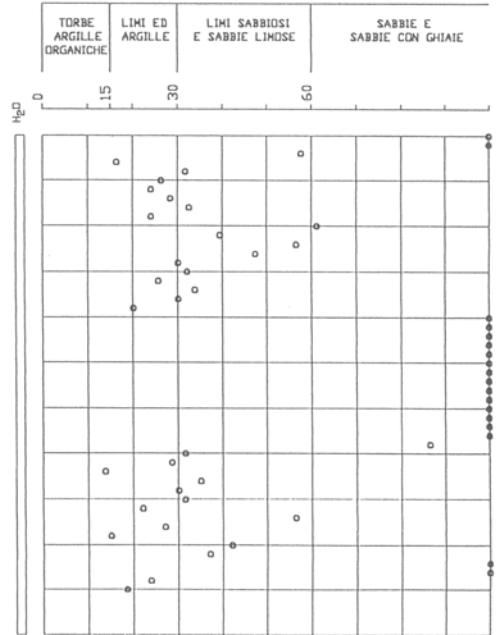
# N°8



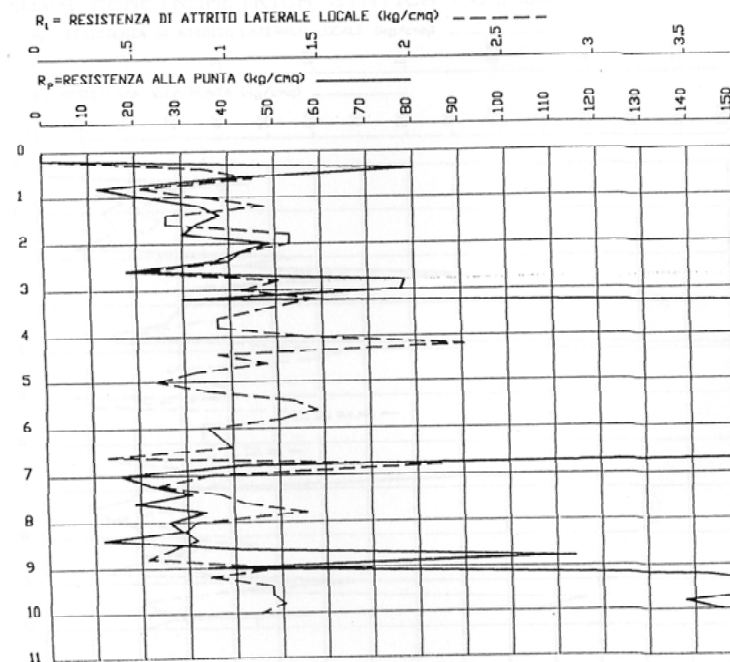
## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



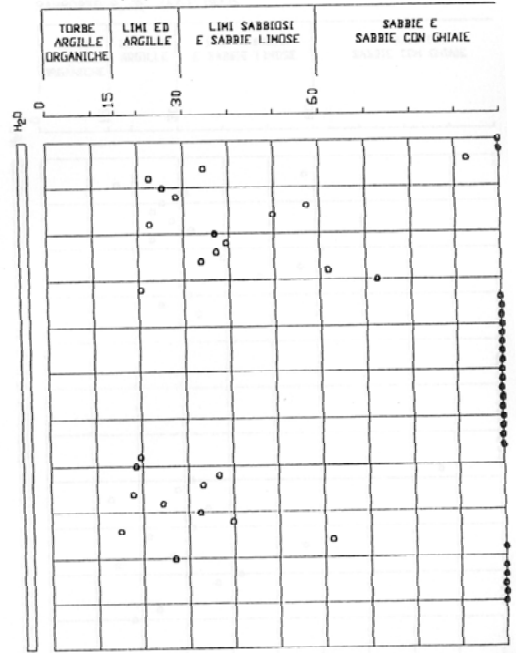
CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO  $R_p/R_l$  (A.G.I. 1977)



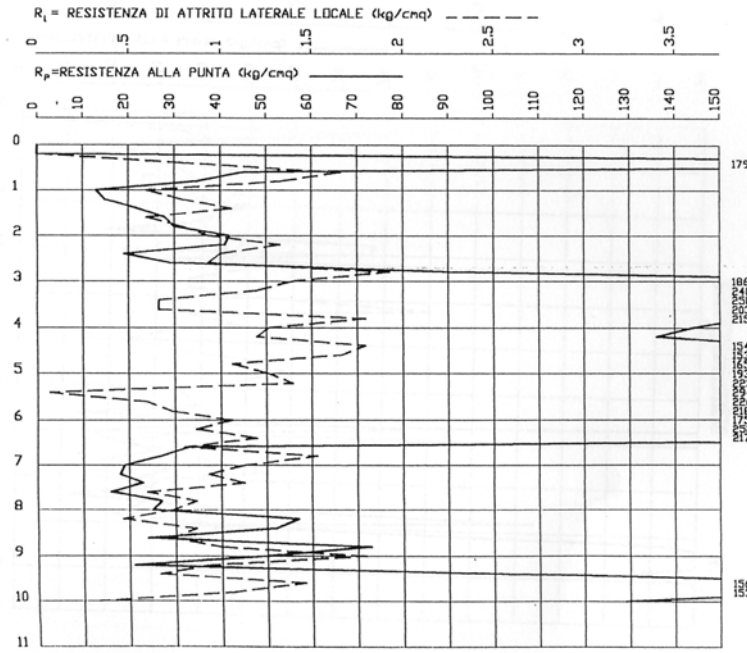
## PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



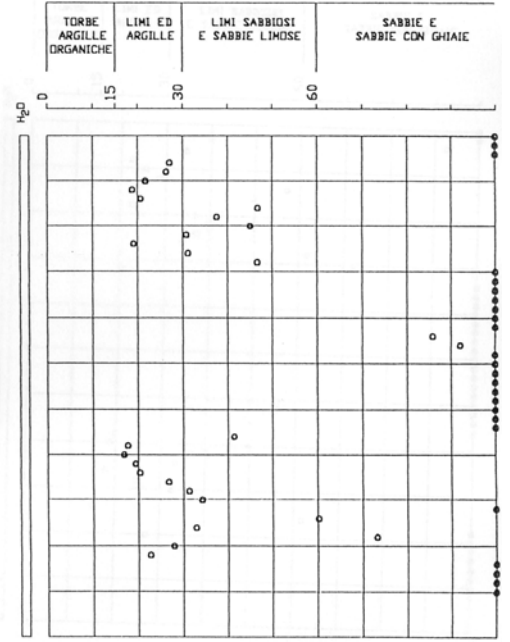
CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO  $R_p/R_l$  (A.G.I. 1977)



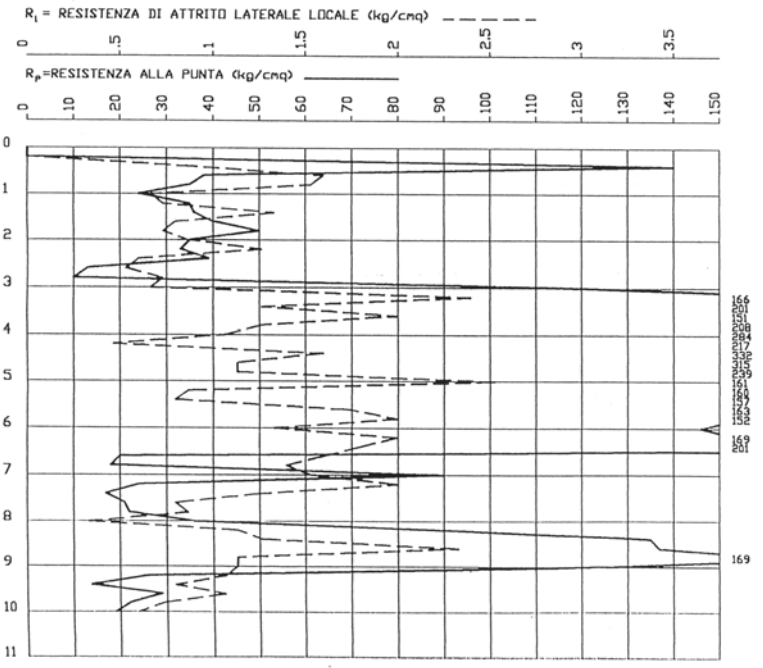
PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



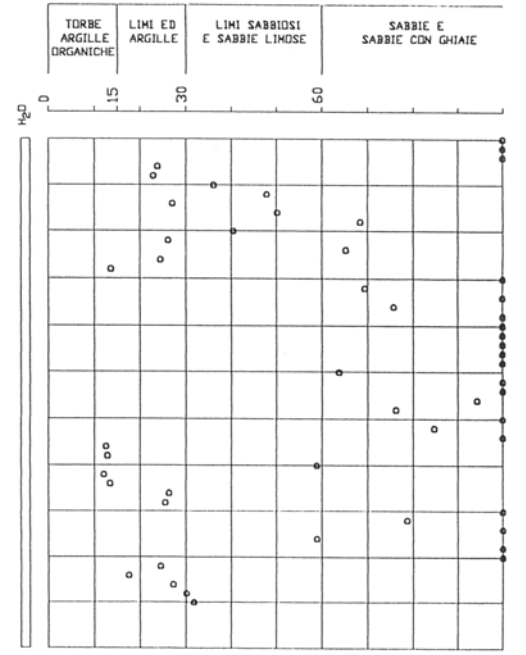
CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO  $R_p/R_l$  (A.G.I. 1977)



PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



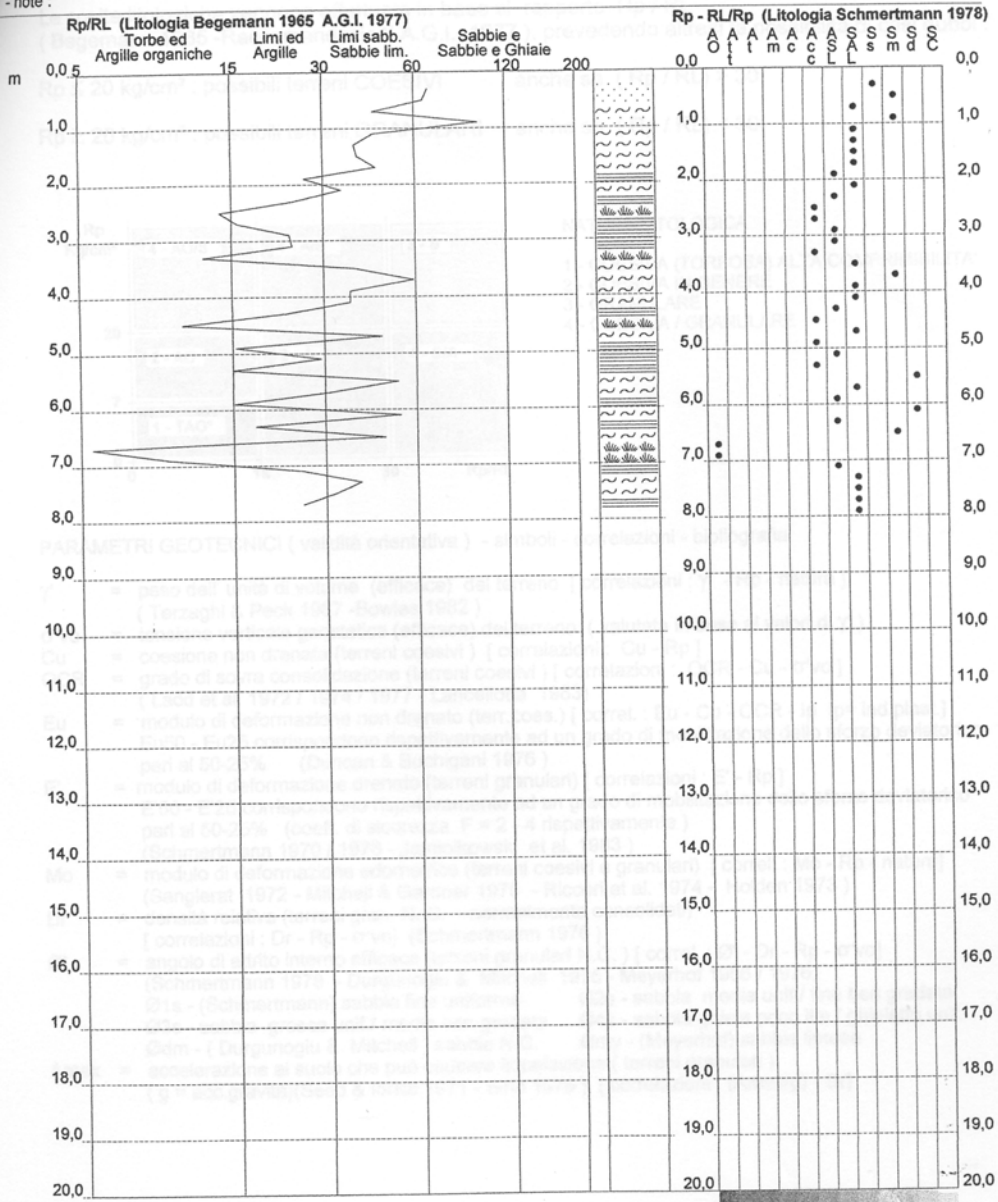
CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO  $R_p/R_l$  (A.G.I. 1977)



# N°10

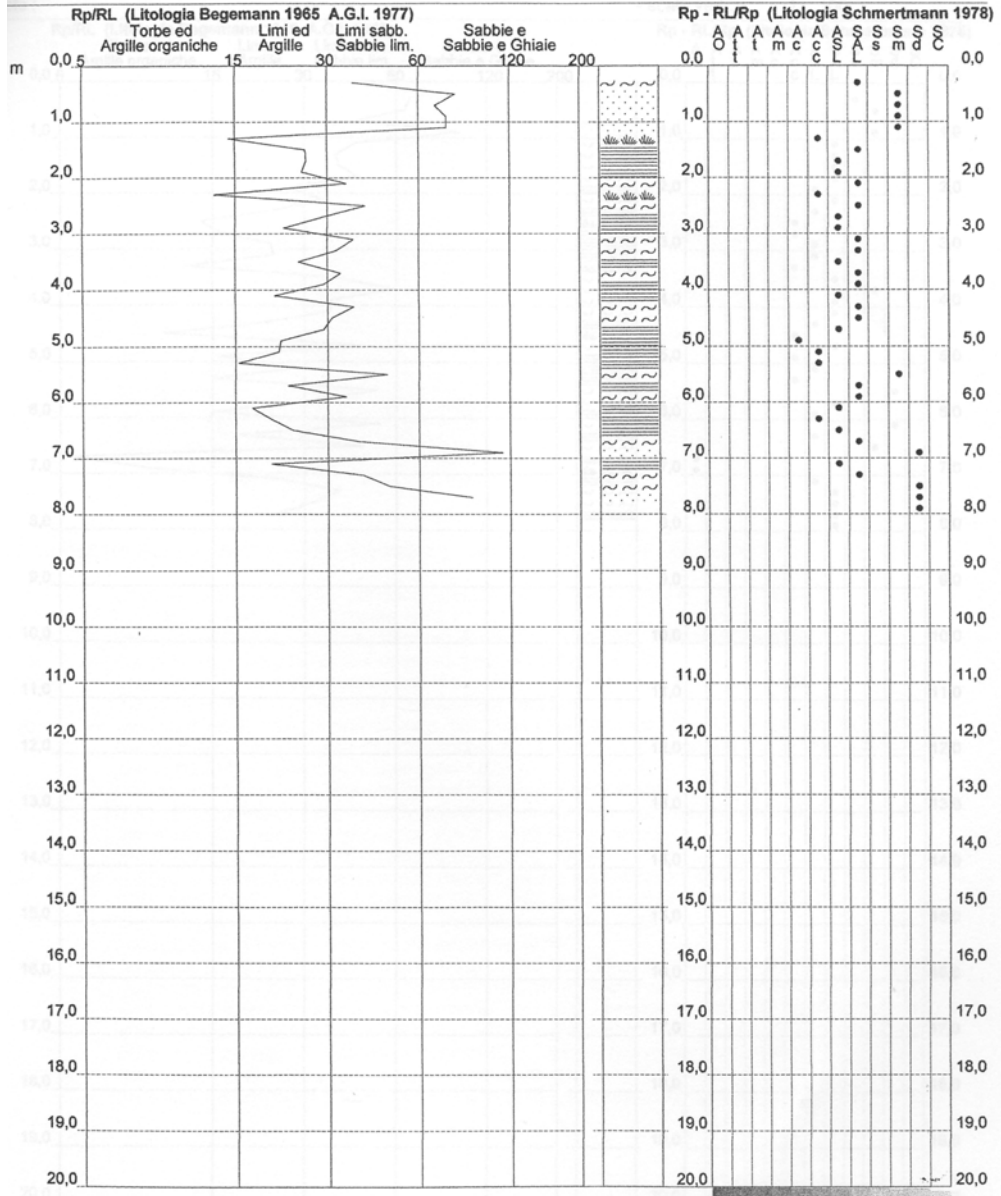
- committente : DITRE S.r.l.  
 - lavoro : Progetto Lottizzazione "Azzurra"  
 - località : Arcole (VR)  
 - note :

- data : 18/07/2005  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



- committente : DITRE S.r.l.  
 - lavoro : Progetto Lottizzazione "Azzurra"  
 - località : Arcole (VR)  
 - note :

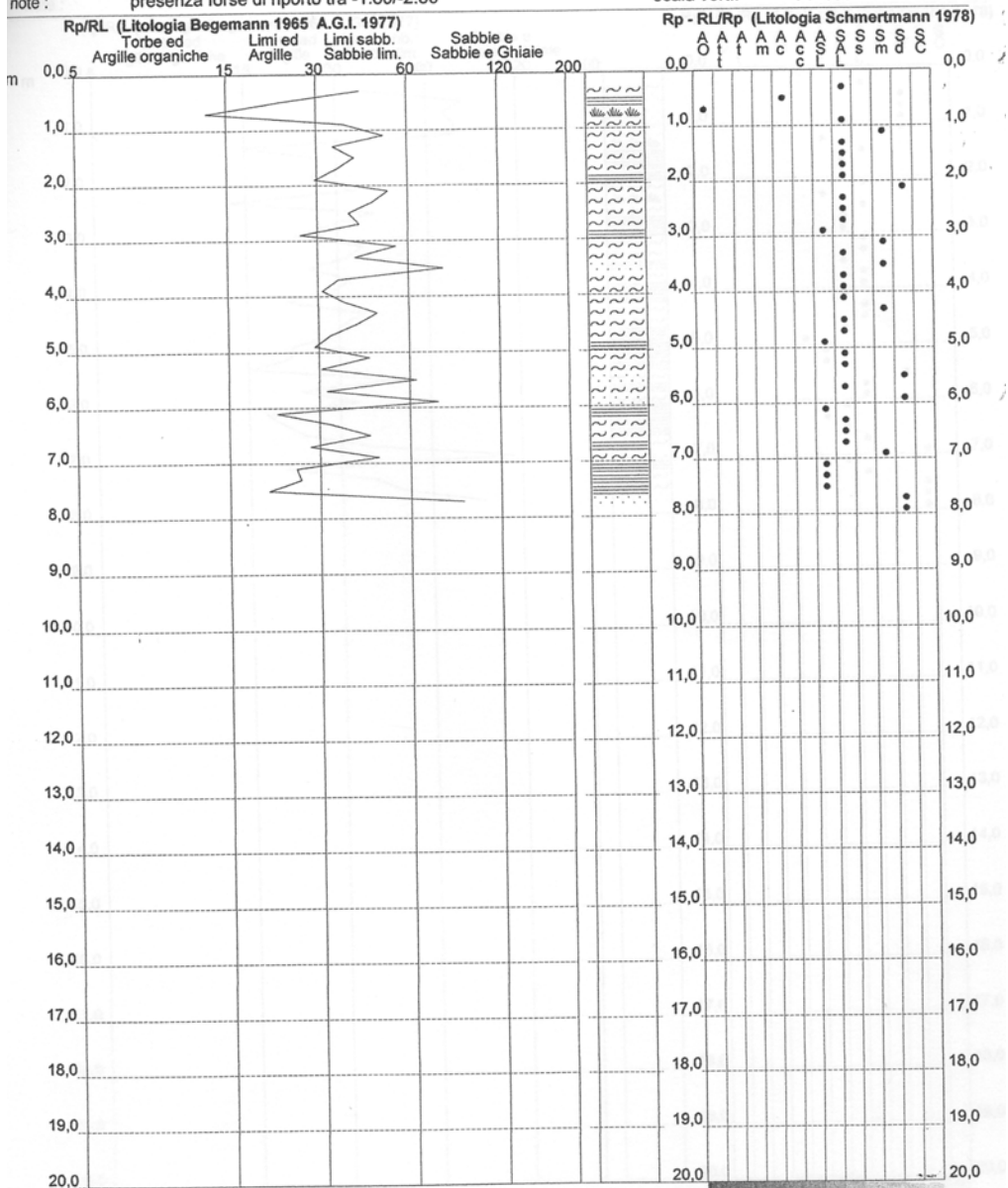
- data : 18/07/2005  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100





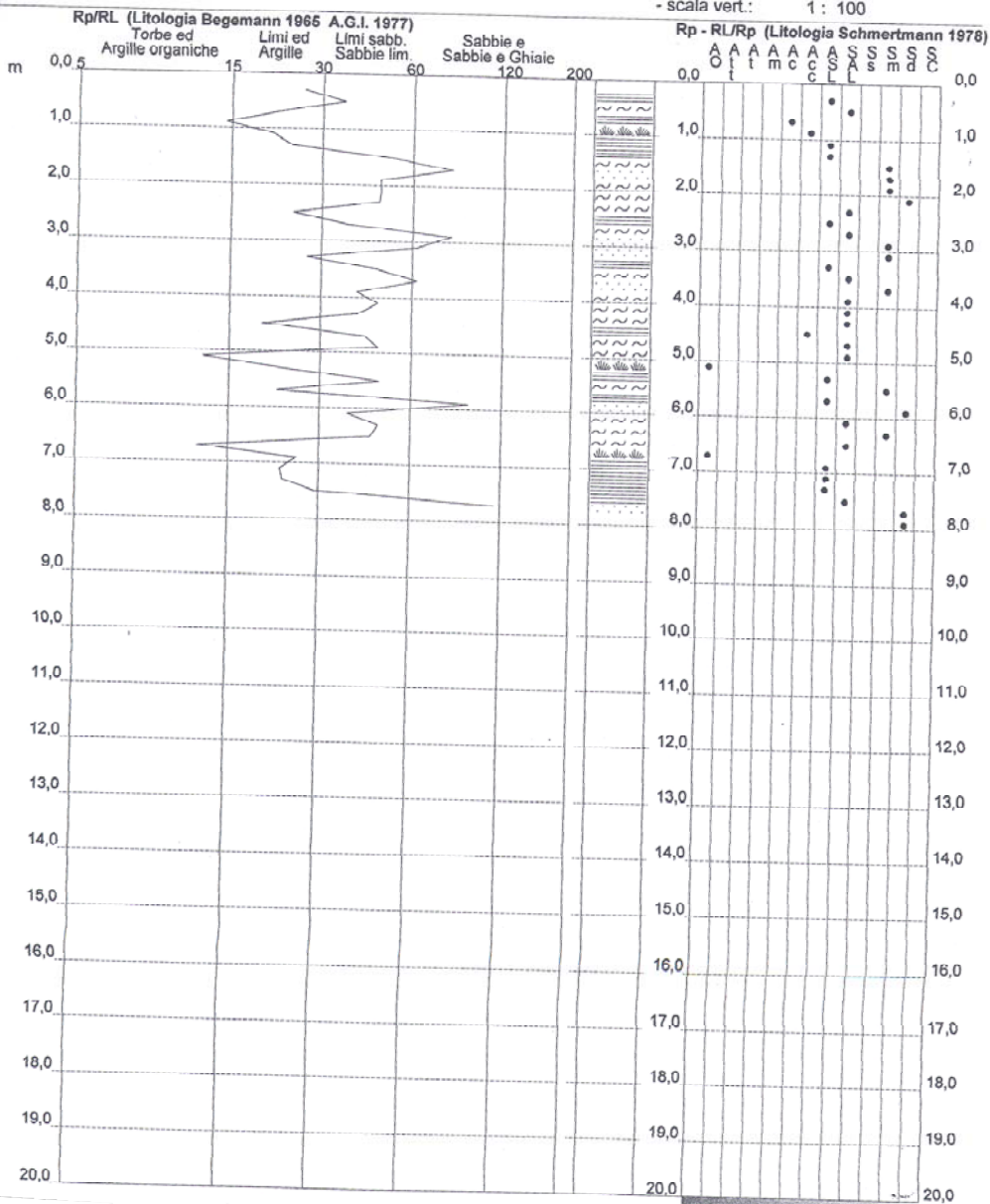
committente : DITRE S.r.l.  
 lavoro : Progetto Lottizzazione "Azzurra"  
 località : Arcole (VR)  
 note : presenza forse di riporto tra -1.60/-2.80

- data : 18/07/2005  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : -4,40 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



- committente : DITRE S.r.l.  
 - lavoro : Progetto Lottizzazione "Azzurra"  
 - località : Arcole (VR)  
 - note :

- data : 18/07/2005  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



# N°11

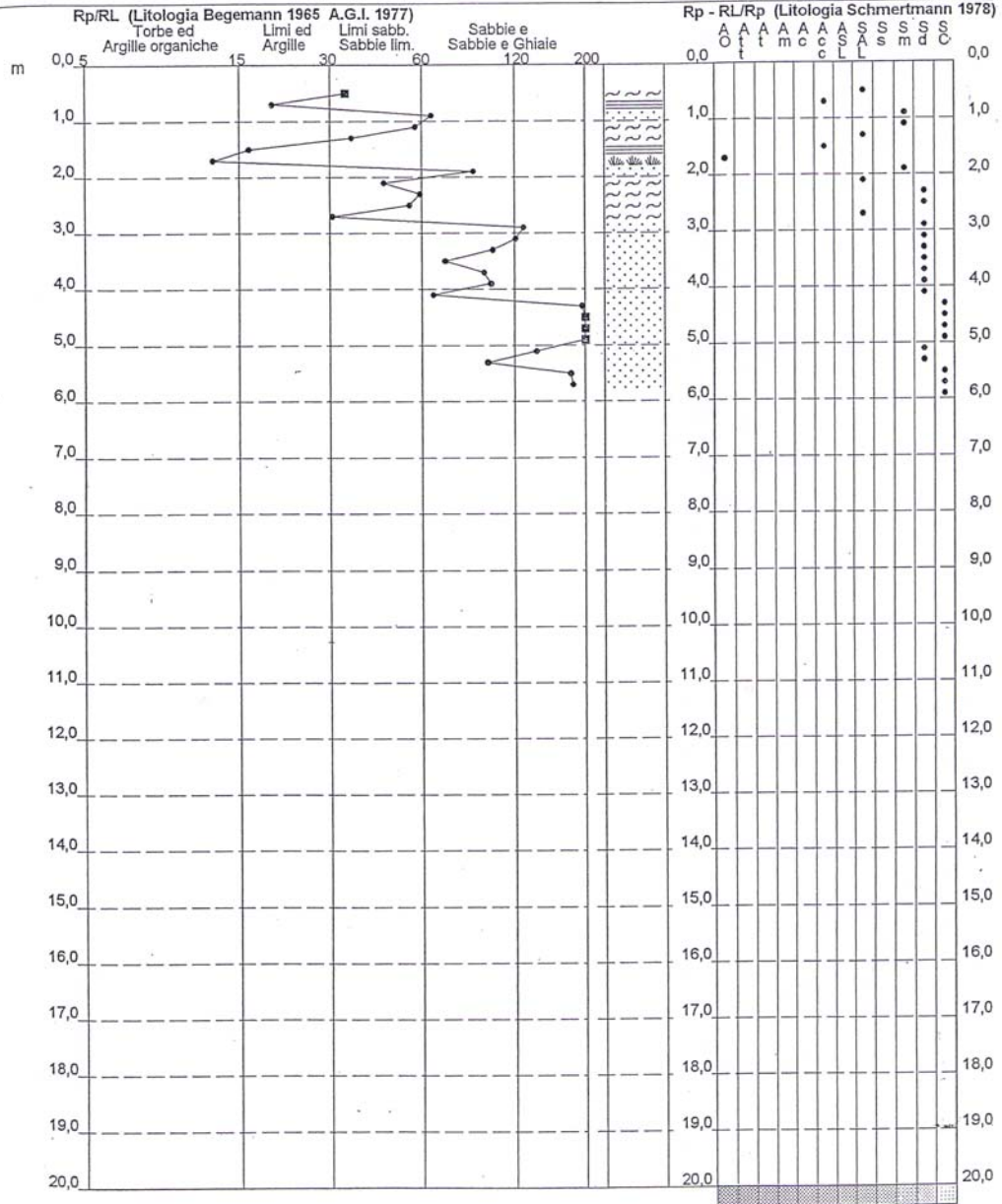
## PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 1**

2.010496-038

- committente : COMUNE DI ARCOLE (VR)  
 - lavoro : Ampliamento Scuola Media Comunale  
 - località : Arcole (Vr)  
 - note :

- data : 04/11/2003  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



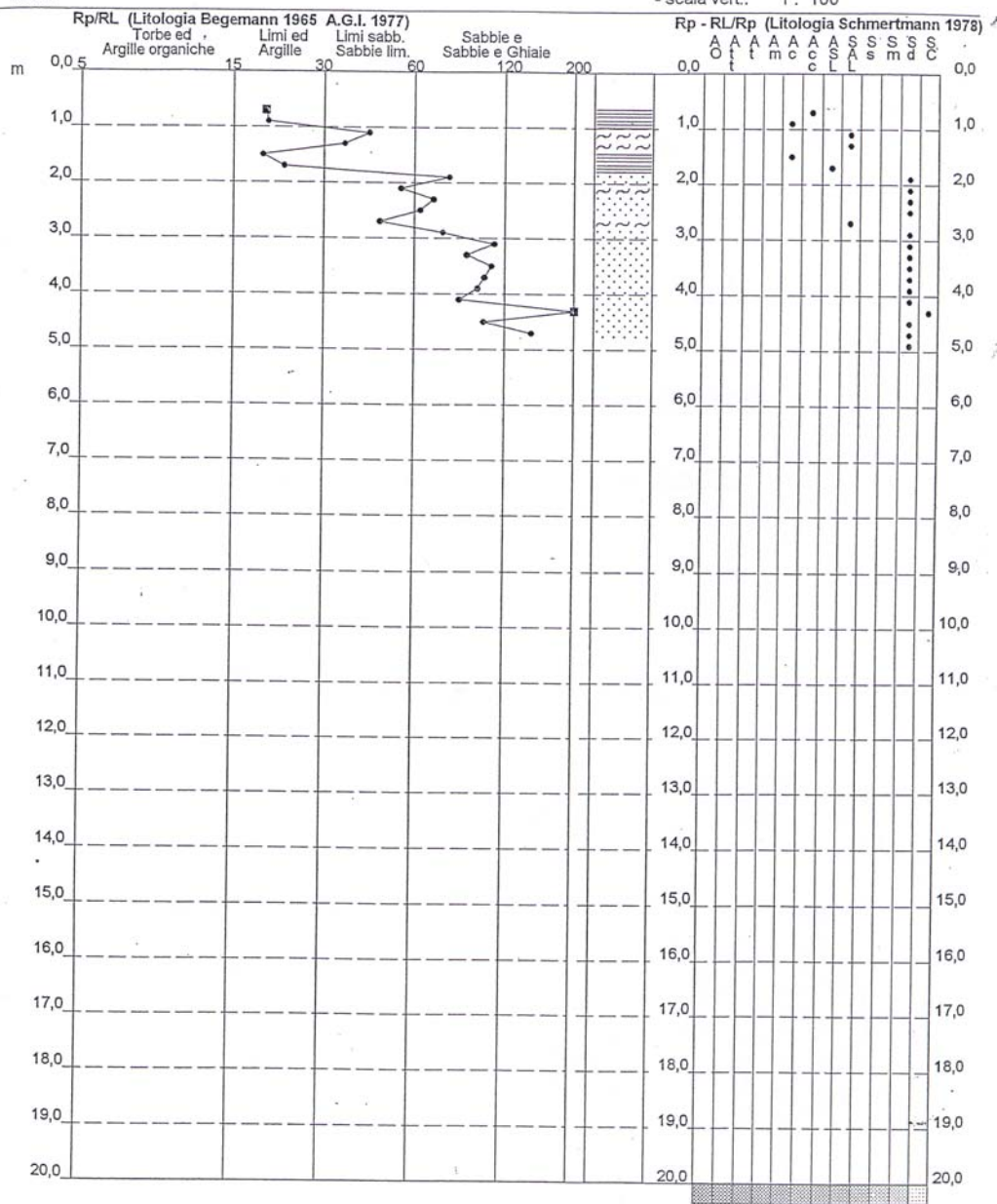
PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-038

- committente : COMUNE DI ARCOLE (VR)  
- lavoro : Ampliamento Scuola Media Comunale  
- località : Arcole (Vr)  
- note :

- data : 04/11/2003 f  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert. : 1 : 100



**SONDAGGIO**

NUMERO	DA	A	LITOLOGIA	FALDA
<b>12</b>	0	-0,8	Terreno di riporto, limoso-sabbioso con resti di cotto	n.r.
	-0,8	-1,8	Limo sabbioso nocciola scuro, addensato	
	-1,8	-2,4	Sabbia medio grossa, nocciola scuro	
	-2,4	-5	Sabbia medio grossa, color nocciola chiaro	

## POZZI

NUMERO	DA	A	LITOLOGIA	FALDA
<b>13</b>	0	-2	terreno vegetale ghiaioso	-54
	-2	-43	ghiaia e ciottoli	
	-43	-47	ghiaia e ciottoli con argilla	
	-47	-54	ghiaia e ciottoli	
	-54	-62	ghiaia e ciottoli con argilla	
	-62	-76	ghiaia con poca sabbia e tracce di argilla	
	-76	-88	ghiaia con argilla	
	-88	-118	argilla	
	-118	-125	argilla con roccia	
	-125	-135	roccia fessurata	
Note: nessuna informazione				
<b>14</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-40	Argilla e limo alternati	
	-40	-58,50	Sabbia e ghiaia	
Note: nessuna informazione				
<b>15</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-38	Argilla	
	-38	-52	Sabbia	
Note: nessuna informazione				
<b>16</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-28	Argilla e limo alternati	
	-28	-32	Limo	
	-32	-43	Argilla con livelli di sabbia alternati	
	-43	-50	Sabbia	
	-50	-57	Sabbia e ghiaia	
	-57	-59	Sabbia	
Note: nessuna informazione				
<b>17</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-24	Argilla	
	-24	-28	Sabbia	
	-28	-35	Argilla	
	-35	-52,5	Sabbia	
	-52,5	-65	Argilla e limo con livelli di sabbia	
	-65	-76	Argilla e limo	
	-76	-86	Sabbia	
	-86	-96	Argilla	
	-96	-106,5	Sabbia	
	-106,5	-109	Argilla	
Note: nessuna informazione				

NUMERO	DA	A	LITOLOGIA	FALDA
<b>18</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-11	Argilla	
	-11	-30	Sabbia	
	-30	-43	Argilla	
	-43	-55	Sabbia	
	-55	-58	Argilla	
	-58	-63,5	Sabbia	
Note: nessuna informazione				
<b>19</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-6,5	Sabbia	
	-6,5	-34	Argilla e torba	
	-34	-53	Sabbia	
	-53	-64	Argilla con sabbia	
Note: nessuna informazione				
<b>20</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-7	Argilla	
	-7	-17	Sabbia	
	-17	-24	Argilla e torba	
	-24	-35	Argilla e limo	
	-35	-40	Sabbia	
	-40	-40,5	Argilla	
	-40,5	-45	Sabbia	
	-45	-46	Argilla	
	-46	-62	Sabbia	
Note: nessuna informazione				
<b>21</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-14	Argilla e limo con torba	
	-14	-24	Sabbia	
	-24	-26	Argilla	
	-26	-33	Sabbia	
	-33	-38	Argilla	
	-38	-55	Sabbia	
-55	-59	Argilla		
Note: nessuna informazione				
<b>22</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-7	Sabbia	
	-7	-15,5	Argilla	
	-15,5	-21,5	Sabbia e lenti di limo	
	-21,5	-23	Limo	
	-23	-28	Argilla	
	-28	-36	Sabbia	
	-36	-51	Argilla	
Note: nessuna informazione				

NUMERO	DA	A	LITOLOGIA	FALDA
<b>23</b>	0	-1	terreno vegetale	
	-1	-6	Sabbia	
	-6	-11	Argilla	
	-11	-17	Sabbia	
	-17	-24	Argilla e limo	
	-24	-29	Sabbia	
	-29	-30	Argilla	
	-30	-38	Sabbia	
	-38	-39	Argilla	
	-39	-41	Argilla e limo	
	-41	-59	Sabbia	
	-59	-59,5	Argilla	

#### 4 CARTA IDROGEOLOGICA

Il reticolo idrografico del territorio comunale di Arcole è costituito da un sistema di corsi d'acqua, che nel suo aspetto attuale risulta fortemente condizionato dall'intervento antropico, che lo ha rimodellato per renderlo a servizio del comprensorio consortile.

La principale asta fluviale è rappresentata dal Torrente Alpone, che scendendo dalle vallate lessinee si immette in sinistra idrografica dell'Adige subito dopo essere transitato nella parte occidentale del territorio.

La rete idrografica comunale è completata da una articolata serie di corsi d'acqua secondari e fossi irrigui.

Nel Piano Stralcio del Bacino del Fiume Adige - adottato con delibera n°1/2005 nella seduta di Comitato Istituzionale del 15 febbraio 2005 e approvato con D.P.C.M. 27 aprile 2006, non vengono individuate aree a pericolosità idraulica.

Tuttavia esistono quattro aree ad Ovest del territorio comunale depresse e a difficoltà di deflusso e periodicamente allagate.

La tipologia idrogeologica dell'area in esame è condizionata dalla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, dall'assetto stratigrafico ed dalla morfologia locale; questi fattori determinano anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

Il sottosuolo comunale è costituito da depositi alluvionali con alternanze di livelli a bassa e medio permeabilità; pertanto siamo in presenza di un sistema multifalde con diverso spessore e potenzialità.







Da dati ricavati dalla letteratura la direzione di deflusso sotterraneo è circa da Nord-Est verso Sud-Ovest ed un gradiente è pari a 0,9‰; il regime della falda risente sia dell'alimentazione dovuta all'area di ricarica degli acquiferi, sia della falda di subalveo dell'Adige e dalle piogge efficaci, oltre che dalle diffuse pratiche irrigue.









La soggiacenza della falda e l'andamento delle isofreatiche è stato desunto dalle misure freatimetriche riportate nella Carta Idrogeologica del PRG del Comune di Arcole del novembre-dicembre 2008.

Nella carta idrogeologica sono stati ubicati sia i pozzi con falda risaliente, le cui stratigrafie sono state già riportate, sia l'ubicazione delle principali opere idrauliche e l'ubicazione della centralina meteorologica di ARPAV.

Nella Carta Idrogeologica vengono riportate le seguenti informazioni:

SIMBOLO	CODICE	DESCRIZIONE
IDROLOGIA DI SUPERFICIE		
	I-SUP-02	CORSI D'ACQUA PERMANENTI
	I-SUP-04	CANALE ARTIFICIALE
	I-SUP-10	IDROVORA
	I-SUP-12	STAZIONE METEOROLOGICA
	I-SUP-14	IDROMETRO
	I-SUP-15	AREA A DEFLUSSO DIFFICOLTOSO

SIMBOLO	CODICE	DESCRIZIONE
ACQUE SOTTERRANEE		
	I-SOT-01a	AREA CON PROFONDITÀ FALDA FREATICA COMPRESA TRA 0 E 2 M DAL P.C.
	I-SOT-1b	AREA CON PROFONDITÀ FALDA FREATICA COMPRESA TRA 2 E 5 M DAL P.C.
	I-SOT-1c	AREA CON PROFONDITÀ FALDA FREATICA COMPRESA TRA 5 E 10 M DAL P.C.
	I-SOT-03	LINEA ISOFREATICA E SUA QUOTA ASSOLUTA
	I-SOT-04	DIREZIONE DI DEFLUSSO DELLA FALDA FREATICA
	I-SOT-07	POZZO CON FALDA SALIENTE E SUO NUMERO PROGRESSIVO

## 5 CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità intrinseca o naturale degli acquiferi si definisce come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

La vulnerabilità intrinseca dipende, sostanzialmente, da almeno tre principali processi che si producono all'interno del sistema sottosuolo esistente al di sotto del punto o/e della zona d'impatto:

- lo spostamento dell'acqua (o di un inquinante fluido o idroportato) attraverso l'insaturo, sino a raggiungere la superficie piezometrica dell'acquifero sottostante;
- la dinamica del flusso sotterraneo e di un inquinante fluido o idroportato nella zona di saturazione dell'acquifero sottostante;
- la concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato al suo arrivo nella zona di saturazione rispetto a quella iniziale, che marca la capacità di attenuazione dell'impatto dell'inquinante del sistema acquifero.

I tre processi principali s'identificano con le diverse possibili sinergie di tutta una serie di parametri propri della situazione idrogeologica e antropica e quindi variabili da zona a zona.

Fattori principali e parametri di base che reggono la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento (Da: Civita M., 1994):

Processi principali	Parametri di base
TEMPO DI TRANSITO	Soggiacenza (spessore insaturo). Spessore, tessitura, porosità; Permeabilità, ritenzione specifica del suolo; Litologia, granulometria, indice di fratturazione, indice di carsificazione, struttura e permeabilità verticale dell'insaturo; Densità, viscosità, solubilità in acqua degli inquinanti; Ricarica attiva media globale.
DEFLUSSO SOTTERRANEO	Caratteristiche idrolitologiche dell'acquifero (porosità utile, permeabilità, dispersione, immagazzinamento, velocità effettiva di flusso, ...); Struttura, geometria, gradiente idraulico.
CAPACITÀ D'ATTENUAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INQUINANTI	Temperatura dell'acqua e delle rocce acquifere; Densità, viscosità e solubilità in acqua degli inquinanti; Soggiacenza; Ricarica attiva media globale; Acclività e uso della superficie topografica; Densità del reticolo drenante e rapporti con l'acquifero; Spessore, tessitura, composizione mineralogica, contenuto in sostanza organica, ritenzione specifica, caratteri chimico-fisici e permeabilità del suolo e dell'insaturo in generale.

Negli ultimi 20 anni sono stati messi a punto ed utilizzati molteplici sistemi d'elaborazione generalizzata dei dati di base normalmente disponibili.

Da un punto di vista essenzialmente tipologico, è possibile suddividere tali metodologie in tre gruppi fondamentali:

- 1) Zonazione per aree omogenee (valutazione per complessi e situazioni idrogeologiche [CSI]);
- 2) Valutazione per sistemi parametrici: Sistemi a matrice (Matrix Systems [MS]); Sistemi a punteggio semplice (Rating Systems [RS]); Sistemi a punteggi e pesi (Point Count System Models [PCSM]);
- 3) Valutazione per modelli numerici (Espressioni Analogiche [AR]).

Nel caso specifico si è adottato un metodo parametrico molto evoluto, del tipo a punteggi e pesi (**SINTACS** Release 5), ove i dati raccolti, le misure e le analisi necessarie si possono considerare sufficienti in funzione della scala di restituzione, particolarmente adatto per le aree pianeggianti e pedecollinari.

L'acronimo deriva dalle denominazioni dei parametri che vengono presi in considerazione:

**S**oggiacenza;

**I**nfiltrazione efficace;

**N**on - saturo (effetto di autodepurazione del);

**T**ipologia della copertura;

**A**cquifero (caratteristiche idrogeologiche del);

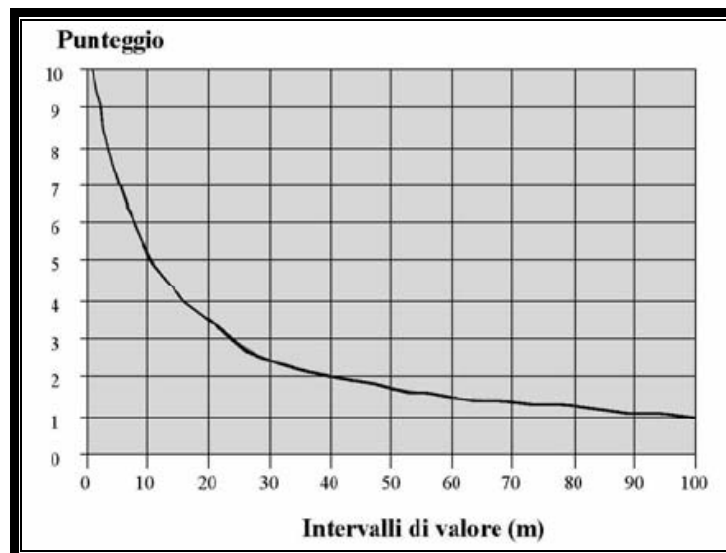
**C**onducibilità idraulica dell'acquifero;

**S**uperficie topografica (acclività della);

### Soggiacenza

Come è noto, si definisce soggiacenza la profondità della superficie piezometrica misurata rispetto al piano campagna.

Il punteggio sintacs relativo al parametro in discussione (S) diminuisce con l'aumentare della profondità, cioè con l'aumentare dello spessore dell'insaturo, assumendo valori compresi tra 10 e 1, come illustrato nel grafico seguente:



*Valori della soggiacenza e relativi punteggi*

Nel caso in esame i punteggi attribuiti sono i seguenti:

SOGGIACENZA FALDA	PUNTEGGI
compresa tra 0 e 2 m dal p.c.	10
compresa tra 2 e 5 m dal p.c.	8
compresa tra 5 e 10 m dal p.c.	6

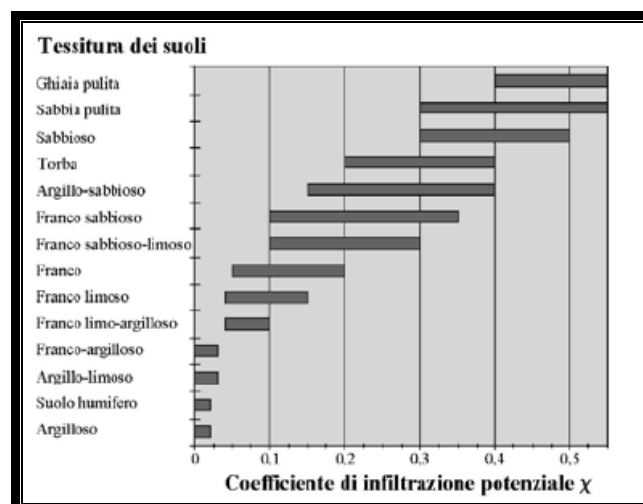
### Infiltrazione

L'infiltrazione efficace assume notevole importanza nella valutazione della vulnerabilità poiché essa regge il trascinamento in profondità degli inquinanti, ma anche la loro diluizione, dapprima nell'insaturo e quindi nella zona di saturazione.

Tale indice è determinato in base alla litologia superficiale (se affiorante o sotto scarsa copertura di suolo) o alle caratteristiche idrauliche del suolo (se questo è potente), all'acclività della superficie topografica, all'indice di fratturazione, all'indice di carsismo e ad altri parametri correttivi che dipendono dalla soggiacenza, dall'uso del suolo, dalla tipologia e densità della rete drenante superficiale, ecc.

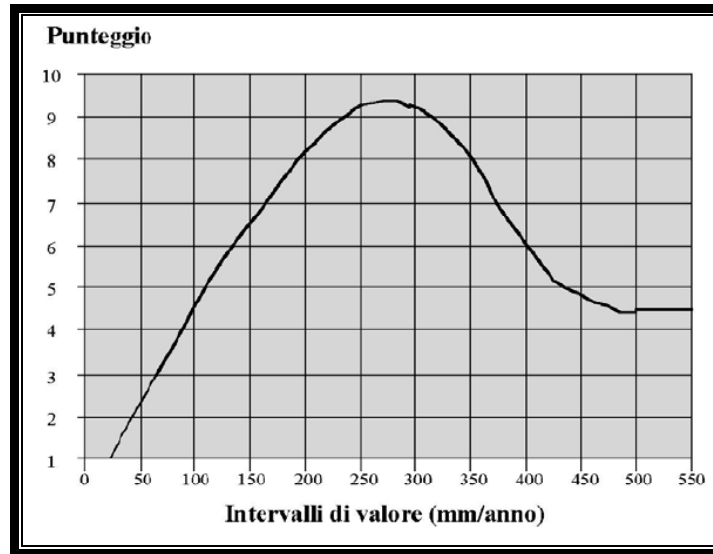
Nel caso di suoli spessi, viene usato il valore intero di P per l'indice  $\chi$  esposto nella figura seguente in funzione del tipo di tessitura (England, 1973):

$$I = P \chi \text{ (mm/a)}$$



Coefficiente di infiltrazione a seconda della tipologia di suolo

Una volta ottenuto il valore del parametro, si ricava il relativo punteggio dal seguente diagramma:



*Valori dell'infiltrazione e relativi punteggi*

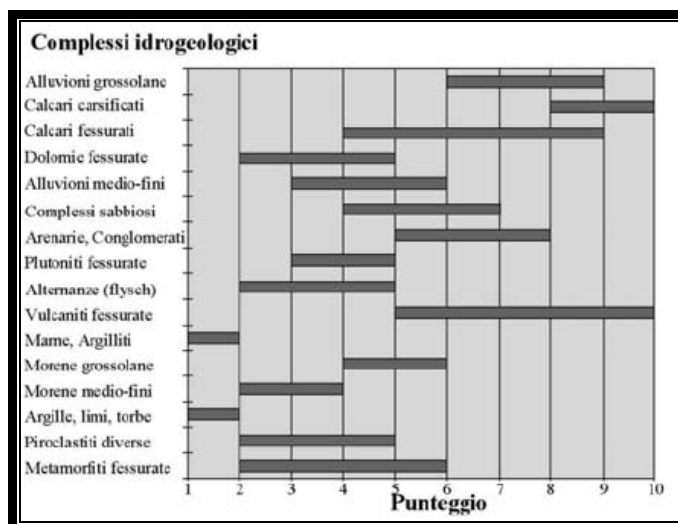
Nel caso in esame si è adottato un punteggio di infiltrazione pari a **4,5**.

#### *Effetto di autodepurazione del non saturo*

La zona insatura è la parte di sottosuolo compresa tra la base del suolo e la zona satura dell'acquifero. Tale zona, ove avvengono spostamenti prevalentemente verticali dell'acqua sotterranea, è dunque limitata verso il basso dalla superficie piezometrica di un acquifero libero.

L'effetto di autodepurazione del non-saturo si valuta a partire dalle condizioni litologiche dello spessore insaturo (litologia, stato di fratturazione, grado di carsismo, ecc.).

Si attribuisce quindi un punteggio alla litologia del parallelepipedo insaturo secondo la seguente tabella:



Punteggi da attribuire all'autodepurazione del non saturo a seconda della tipologia di suolo

Nel caso in esame i punteggi attribuiti sono i seguenti:

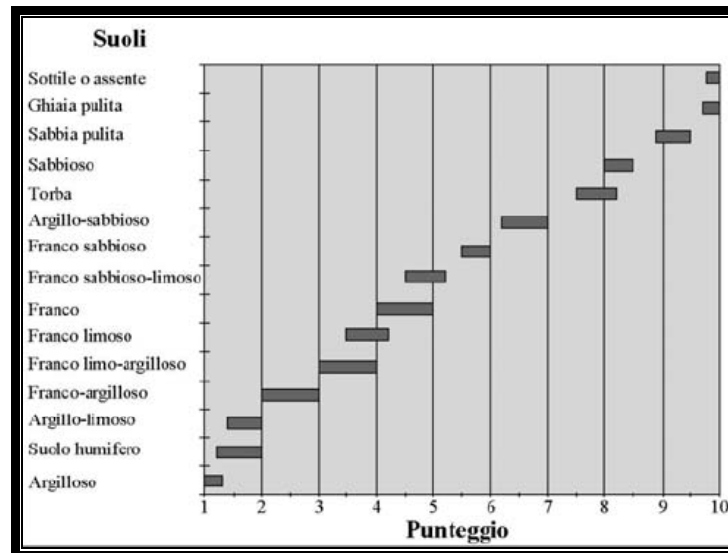
AUTODEPURAZIONE NON SATURO	PUNTEGGI
Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa e/o torbiere	2
Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente sabbiosa	7

### Tipologia della copertura

Come è noto, la tipologia dei terreni di copertura, in genere, e dei suoli, in particolare, riveste un ruolo della massima importanza nella mitigazione dell'impatto degli inquinanti e nella valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi.

Nella seguente figura sono riportati i punteggi da attribuire a seconda della composizione del suolo. Nel caso del territorio di Arcole, non avendo a disposizione dati puntuali sulla pedologia, si è utilizzato un punteggio pari a **6,5**, corrispondente ad un suolo argillo-sabbioso.





*Punteggi da attribuire al suolo a seconda della tipologia di suolo*

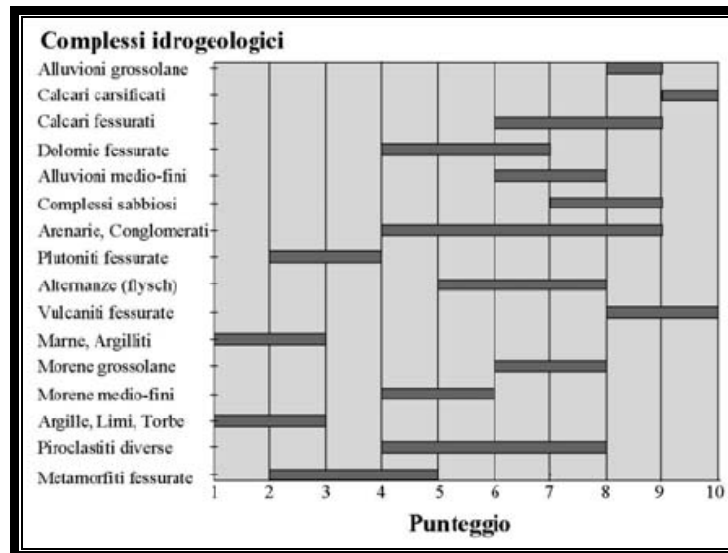
### Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero

La tipologia dell'acquifero è il parametro di SINTACS che descrive i processi che avvengono al di sotto della superficie piezometrica, quando un inquinante idroveicolato giunge a mescolarsi con l'acqua sotterranea dopo aver superato le due linee di difesa costituite dalla copertura e dall'insaturo, con abbattimento di una parte più o meno rilevante della sua concentrazione iniziale.

Tali processi, in buona sostanza, sono : la dispersione; la diluizione; l'assorbimento; la reattività chimica del mezzo

Sulla base dei dati disponibili e tenendo conto dei criteri di discriminazione ricordati in precedenza, si dovrà cercare, per ciascun elemento di maglia, il valore più soddisfacente all'interno degli intervalli riportati nel grafico seguente ove sono riportati i principali litotipi costituenti gli acquiferi.

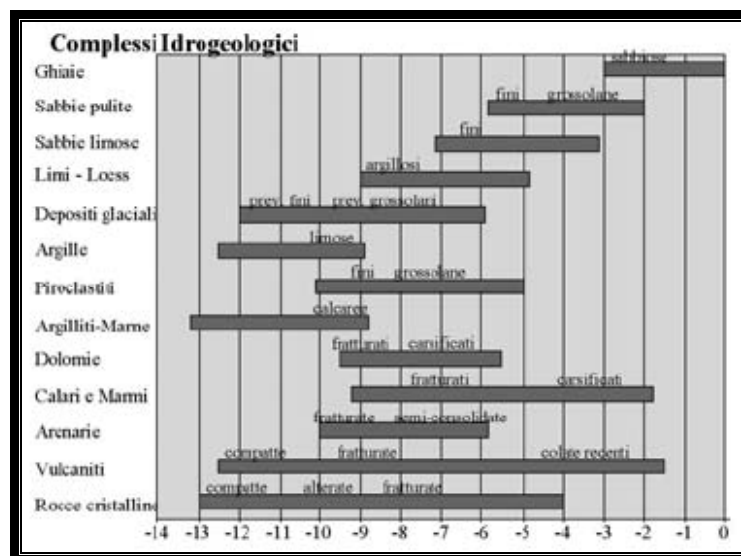
Nel caso del territorio di Arcole si è utilizzato un punteggio pari a **7**, corrispondente ad alluvioni medio-fini.



*Punteggi da attribuire alle caratteristiche dell'acquifero a seconda della tipologia di suolo*

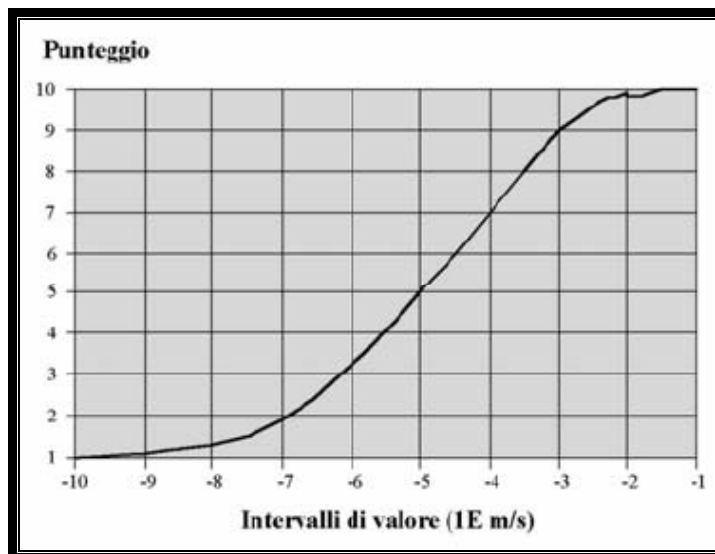
### Conducibilità idraulica dell'acquifero

La conducibilità idraulica è la capacità di spostamento dell'acqua sotterranea nel mezzo saturo e, dunque, di un inquinante idroportato con le stesse caratteristiche di densità dell'acqua sotterranea. SINTACS offre, oltre all'approccio diretto basato sui valori di K anche un metodo di stima indiretta che si basa sul grafico seguente. In questo grafico, vengono riportati i principali tipi litologici di acquifero per intervalli di valori assoluti della conducibilità idraulica, unitamente con i caratteri discriminanti che permettono di effettuare una scelta più accurata spostandosi all'interno dell'intervallo indicato.



*Intervalli di conducibilità idraulica dei principali complessi acquiferi*

Una volta identificato il valore soddisfacente per la situazione in esame si deve leggere il punteggio nel grafico seguente:

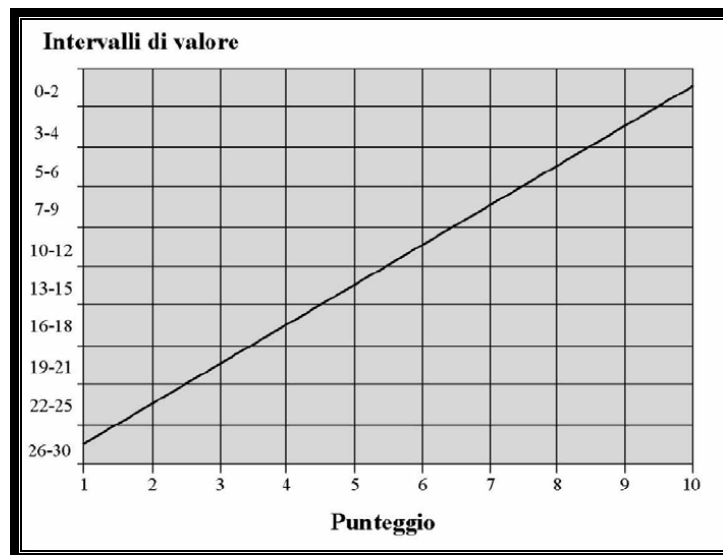


*Intervalli di valore della conducibilità idraulica e relativi punteggi.*

Nel caso del territorio di Arcole, si è utilizzato un punteggio pari a **6**.

#### Acclività della superficie topografica

L'acclività della superficie topografica influisce sulla valutazione della vulnerabilità intrinseca soprattutto perché da essa dipende la quantità di ruscellamento che si produce a parità di precipitazione e la velocità di spostamento dell'acqua (e, dunque, di un inquinante fluido o idroveicolato) sulla superficie. Operativamente, si stabiliscono delle classi d'acclività (comprese fra 0 e 30 %), attribuendo il massimo punteggio SINTACS pari a **10**, alle aree con superficie topografica pianeggiante, come il caso del territorio comunale di Arcole, dove quindi il ristagno ed il trasferimento in profondità dell'inquinante sono maggiormente favoriti.



*Classi di pendenza e punteggio relativo*

### Descrizione delle linee di pesi

Le linee di pesi sono un potente strumento che permette di modellare la metodologia sulla situazione effettiva identificata (scenario) per ciascun elemento di maglia, esaltando l'importanza di alcuni parametri rispetto ad altri ma lasciando all'analista un ben calibrato spazio decisionale.

Parametro	I. Normale	I. Rilevante	Drenaggio	Carsismo	Fessurato
S	5	5	4	2	3
I	4	5	4	5	3
N	5	4	4	1	3
T	3	5	2	3	4
A	3	3	5	5	4
C	3	2	5	5	5
S	3	2	2	5	4

*Stringhe di pesi moltiplicatori previste per SINTACS*

### **Aree soggette a impatto normale**

Riunisce tutte quelle situazioni, collegate in genere ad aree a scarso gradiente topografico (pianura, pedemonte, pianalto, conche intramontane, ecc.), con insaturo composto prevalentemente da rocce a permeabilità matriciale, ove non sussistono particolari situazioni d'impatto antropico e con utilizzo reale del territorio contenuto e scarsamente trasformato. Si tratta di aree sterili, incolte o con colture spontanee o che, comunque, non richiedono uso di fitofarmaci, concimi chimici, se non eccezionalmente e/o in dosi modeste, né pratiche irrigue. In tali aree è realizzato sovente l'allevamento brado, sia stagionale che stanziale.

Gli insediamenti, anche se limitati, non possono essere inclusi in questo tipo di scenario.

### ***Aree soggette a impatto rilevante***

Questa linea di pesi serve a modellare situazioni territoriali che favoriscono impatti importanti da fonti diffuse d'inquinamento potenziale. Si tratta di territori, con insaturo costituito in prevalenza da mezzi a permeabilità matriciale, morfologicamente adatti ad antropizzazione estensiva, con colture che prevedono abbondanti trattamenti con fitofarmaci, concimi chimici, applicazioni di fertirrigazione, spargimento di liquami; aree a discarica incontrollata, lagoni, vasche di dispersione, oleodotti, collettori fognari, ecc.; aree industriali attive e dismesse, aree urbanizzate e assimilabili.

### ***Aree soggette a drenaggio***

Uno scenario particolare è stato identificato per quelle aree ove avviene un continuo o, comunque, frequente drenaggio da corpi idrici superficiali a quelli sotterranei soggiacenti.

### ***Aree carsiche***

Il quarto scenario selezionato è destinato a quelle zone ove sussistono condizioni di carsismo profondo e completo.

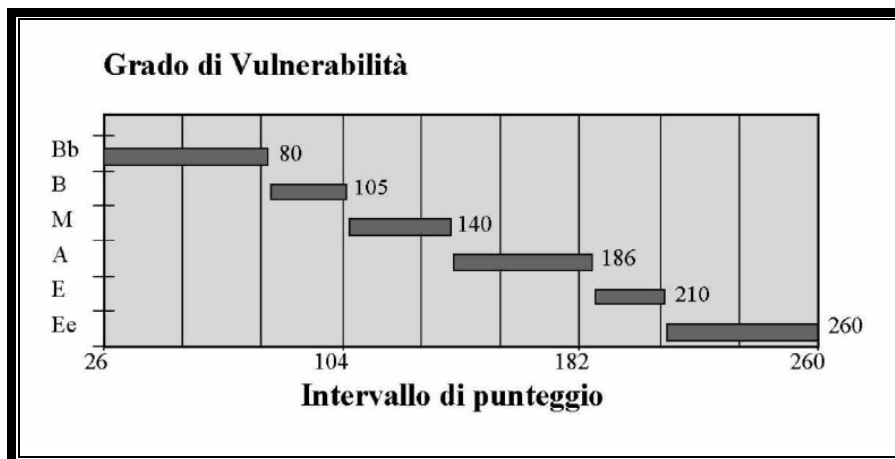
### ***Aree in rocce fessurate***

Questa stringa deve essere applicata alle aree ove il sistema idrogeologico è costituito in prevalenza da rocce permeabili per fessurazione, non carsificate o con carsismo sviluppato solo in superficie, in assenza, quindi, di condotti e pozzi collegati direttamente ad un sistema di cavità evoluto.

## CALCOLO VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI SECONDO SINTACS

Si calcolano i pesi relativi ai 7 parametri del metodo, si identifica una delle cinque situazioni-scenario descritte e si assume la stringa relativa. L'integrazione dei valori così ottenuti fornisce, un valore numerico rappresentante la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero di riferimento.

Tali valori possono variare da un minimo di 26 ad un massimo di 260 punti.



*Intervalli/gradi di vulnerabilità intrinseca*

(Ee = Estremamente elevata; E = Elevata; A = Alta; M = Media; B = Bassa; Bb = Bassissima)

Il territorio comunale di Arcole è così suddiviso:

TIPOLOGIA AREE	PUNTEGGIO	VULNERABILITA'	SIMBOLO GRAFICO
Alluvioni prevalentemente sabbiose e falda tra 0-2 metri dal p.c.	≥ 200	ELEVATA	
Alluvioni prevalentemente limo-argillose e/o torbiere e falda tra 0-2 metri dal p.c.	160÷170	ALTA	
Alluvioni prevalentemente sabbiose e falda tra 2-5 metri dal p.c.	170÷180	ALTA	
Alluvioni prevalentemente limo-argillose e/o torbiere e falda tra 2-5 metri dal p.c.	150÷160	ALTA	
Alluvioni prevalentemente sabbiose e falda tra 5-10 metri dal p.c.	160÷170	ALTA	
Alluvioni prevalentemente limo-argillose e/o torbiere e falda tra 5-10 metri dal p.c.	≤ 140	MEDIA	

## 6 CARTA DELLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA

La Carta della Compatibilità Geologica rappresenta il documento di sintesi delle analisi geomorfologiche, geolitologiche e idrogeologiche eseguite ed esprime le attitudini delle diverse zone del territorio comunale in termini di idoneità dei terreni interessati rispetto agli interventi che il Piano propone.

A tal fine la classificazione proposta segue quella fondata su indici relativi di qualità dei terreni con riferimento alle possibili problematiche relative al deflusso difficoltoso, alla ridotta soggiacenza della falda e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

**Per i singoli interventi edilizi le indagini dovranno essere condotte in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 «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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e dal D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni».**

La classificazione prevede la suddivisione del territorio nelle seguenti classi di zonazione:

### AREA IDONEA





Non sussistono condizioni di penalizzazione tali da precludere l'edificabilità. Sono state comprese in questa classe le porzioni del territorio caratterizzate da terreni di natura alluvionale a tessitura prevalentemente sabbiosa e con profondità della falda freatica compresa tra 5-10 metri dal p.c. e con vulnerabilità intrinseca degli acquiferi alta.

### AREA IDONEA A CONDIZIONE

Le condizioni geolitologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche, pur non presentando condizioni di particolare penalizzazione, richiedono indagini di approfondimento specifico.

Sono state comprese in questa classe:

Tipologia	Prescrizioni
AREE A RIDOTTA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA 	<i>Si devono verificare eventuali interazioni con corpi idrici sotterranei, escludendo la realizzazione di piani interrati. Studi puntuali potranno dimostrare l'effettiva idoneità alla realizzazione degli stessi attraverso l'adozione di sistemi di impermeabilizzazione e la realizzazione di fondazioni speciali o a platea.</i>
AREE A RIDOTTA SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DA MEDIOCRI A SCADENTI 	<i>Si dovranno evitare interventi che prevedano la realizzazione di piani interrati. Studi puntuali potranno dimostrare l'effettiva idoneità alla realizzazione degli stessi attraverso l'adozione di sistemi di impermeabilizzazione e la realizzazione di fondazioni speciali tipo pali, considerate le scadenti caratteristiche dei terreni.</i>

**AREA NON IDONEA** 

Sussistono reali condizioni di forte penalizzazione. L'edificabilità è preclusa.

Sono ammissibili solo le opere e gli interventi volti alla riparazione e al consolidamento dell'esistente o alla stabilizzazione del dissesto nonché le opere di difesa idrogeologica, comprese le opere attinenti la regimazione e la ricalibratura degli alvei dei corsi d'acqua, quali le difese delle sponde, briglie, traverse, ecc. E' inoltre consentita la piantumazione di specie adatte al consolidamento delle sponde. Eventuali ponti devono garantire una luce di passaggio mai inferiore a quella maggiore fra la sezione immediatamente a monte o quella immediatamente a valle della parte di fossato a pelo libero.

Sono stati compresi in questa classe:

- I corsi d'acqua consortili e le relative fasce di rispetto di 10 metri;
- le aree a deflusso difficoltoso e potenzialmente allagabili.