



BrianzAcque S.r.l.
Viale E. Fermi 105
20900 Monza (MB)
p.iva 03988240960

tel 039 262.30.1
fax 039 214.00.74
cap. soc. € 126.883.498,98 i.v.

brianzacque@legalmail.it
informazioni@brianzacque.it
www.brianzacque.it

COMUNE DI CORNATE D'ADDA

PROVINCIA DI MONZA E DELLA BRIANZA

progetto:

STUDIO DELLA PERMEABILITA' E INFILTRAZIONE NEL SUOLO

titolo elaborato:

RELAZIONE TECNICA



**Settore Progettazione e
Pianificazione Territoriale**
via G. Mazzini, 41 - 20871 Vimercate (MB)
tel. 039.6859680 prog-brianzacque@legalmail.it

timbro:

Dirigente:

Dott. Ing. Massimiliano Ferazzini

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del D.Lgs 82/2005 e rispettive norme collegate

cod.commissa:

FOTC192543

Supporto di:

**UNIVERSITA' DI MILANO – BICOCCA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELL'AMBIENTE E DELLA TERRA**

Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del T.U. 445/2000 e del D.Lgs 82/2005 e rispettive norme

data:

gennaio 2021

elaborato:

C.1

4					
3					
2					
1					
0	01-2021	EMISSIONE		UNIMIB	DB
rev.	data	note	redatto	resp. progetto	D.T. Set. Progettazione

Controlli / approvazioni

Mod.01-PdG19 CopertinaDocumentiProgettuali Rev02

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto di BrianzAcque srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge. This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permission of BrianzAcque srl. Unauthorized use will be persecuted by law.

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	CARTE DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE.....	3
2.1	COSTRUZIONE DELLE UNITÀ TERRITORIALI.....	4
2.2	ATTRIBUZIONE DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE.....	5
2.2.1	Test di infiltrazione.....	6
2.2.2	Stratigrafie di sondaggio.....	7
3	CALCOLO DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE.....	9

1 PREMESSA

La carta del potenziale di infiltrazione esprime in un quadro sinottico le unità di suolo presenti sul territorio. La capacità di infiltrazione può variare in modo significativo con la profondità. Questo è vero soprattutto in aree in cui i terreni superficiali sono stati fortemente pedogenizzati o rimaneggiati. Per questo motivo sono state derivate due carte del potenziale di infiltrazione.

La **Carta del potenziale di infiltrazione naturale in superficie** esprime la capacità dell'acqua di infiltrare attraverso gli strati più superficiali del terreno, ed è utile per lo studio del rischio idraulico, nonché per la valutazione di strategie di infiltrazione in superficie. Questa carta viene costruita attraverso una zonazione del territorio in unità litologiche ritenute mediamente omogenee dal punto di vista dell'infiltrazione, per ognuna delle quali viene stimato un valore del tasso di infiltrazione in condizioni sature. La zonazione deriva dalla cartografia geologica disponibile, ed in particolare dalla Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 (progetto CARG), eventualmente integrata e armonizzata con altre informazioni cartografiche. La caratterizzazione del tasso di infiltrazione deriva da una stima empirica della permeabilità delle diverse litofacies come descritte dai sondaggi disponibili, corretta tramite prove di infiltrazione.

La **Carta del potenziale di infiltrazione subsuperficiale (2-4 m)** esprime la capacità dell'acqua di infiltrare ad una profondità di riferimento di circa 3 metri, al di sotto quindi dei livelli più pedogenizzati. Tale carta è utile come riferimento per strategie di infiltrazione in profondità. La carta viene costruita con una metodologia analoga alla carta del potenziale di infiltrazione naturale in superficie, utilizzando le stesse unità territoriali della Carta del potenziale di infiltrazione naturale in superficie e la stessa metodologia per assegnare il valore del potenziale di infiltrazione. L'unica differenza è che i test di infiltrazione sono effettuati a profondità variabile tra 2 e 4 m.

2 CARTE DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE

La **Carta del potenziale di infiltrazione naturale in superficie** e la **Carta del potenziale di infiltrazione subsuperficiale (2-4 m)** vengono costruite attraverso una zonazione del territorio in unità litologiche ritenute mediamente omogenee dal punto di vista dell'infiltrazione, per ognuna delle quali viene stimato un valore del tasso di infiltrazione in condizioni sature.

La zonazione deriva dalla cartografia geologica disponibile, ed in particolare dalla Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 (progetto CARG), eventualmente integrata e armonizzata con altre informazioni cartografiche. La caratterizzazione del tasso di infiltrazione deriva da una stima empirica della permeabilità delle diverse litofacies, corretta tramite prove di infiltrazione.

2.1 COSTRUZIONE DELLE UNITÀ TERRITORIALI

Le unità territoriali che compongono la carta del tasso di infiltrazione derivano dalla Base cartografica litologica della Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 (progetto CARG). Le unità territoriali delimitate sono unità “mediamente omogenee” dal punto di vista del potenziale di infiltrazione, e possono presentare notevole eterogeneità a livello locale, con significative deviazioni dal valore medio associato all'unità.

Tabella 1. Caratteristiche litologiche delle unità presenti nel comune di Cornate D'Adda (da Note Illustrative carta geologica d'Italia 1:10.000, foglio Vimercate)

Unità geologica	Sigla CARG	Caratteristiche geotecniche
Unità di Cadorago	BCd	Ghiaia massiva o organizzata, a supporto di clasti o di matrice, ciottoli con dimensioni massime da centimetriche a 30 cm; intercalazioni sabbiose, poligenica (depositi fluvioglaciali). Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Alterazione limitata alla porzione superficiale. Limi (depositi di esondazione). Copertura loessica discontinua.
Unità di Bulgarograsso	BBu	Ghiaia a supporto clastico, poligenica poco alterata (depositi fluvioglaciali)
Allogruppo dle Bozzente	BOZ	Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Ghiaie massive o con rozza stratificazione e intercalazioni sabbiose (depositi fluviali e fluvioglaciali). Alterazione molto spinta che interessa tutto lo spessore dell'unità. L'alterazione interessa in pratica la totalità dei ciottoli ad eccezione di quelli quarzosi. I carbonati sono decarbonatati o argillificati, le arenarie sono arenizzate. I ciottoli cristallini e metamorfici sono per lo più completamente alterati e i cristallini oltre a essere arenizzati possono mostrare un anello di arrossamento. Le rocce ultramafiche hanno un cortex di alterazione arancione molto pronunciato. Colore della matrice molto arrossato nelle porzioni superiori, meno arrossato scendendo nella successione. Presenza di patine e screziature Fe-Mn. Copertura loessica complessa sempre presente.
Ceppo dell'Adda	Cd	Conglomerato costituito da ghiaia a prevalente supporto clastico, con ciottoli arrotondati e matrice arenacea (depositi alluvionali); cementazione in genere buona, localmente irregolare. Litologie provenienti dal bacino dell'Adda con sporadici intervalli a dominanza di litologie locali.
Ceppo del Naviglio di Paderno	Cn	Conglomerato costituito da ghiaia a supporto di matrice arenacea con ciottoli da subarrotondati a subangolosi con intercalazioni di arenarie; conglomerato costituito da ghiaia a supporto clastico, con ciottoli subarrotondati e matrice arenacea (depositi fluviali). Forte cementazione. Ciottoli derivanti prevalentemente dalle formazioni terrigene cretache (Calcari 41,8%, Flysch 53,2%).

Ceppo del Brembo	Cr	Conglomerato costituito da ghiaie a supporto clastico, con matrice arenacea; ciottoli, ben arrotondati, poligenici, di provenienza brembana (depositi fluviali). Intercalazioni basali di limi, argille e sabbie. Forte cementazione.
Alloformazione di Cantù	LCa	Ghiaie e sabbie stratificate, limi di esondazione (depositi fluvioglaciali e alluvionali). Diamicton massivi a supporto di matrice o clastico (till di ablazione e di alloggiamento). Diamicton, ghiaie, sabbie e limi a grande variabilità di facies (depositi di contatto glaciale). Ghiaie, sabbie e diamicton on foreset (depositi deltizi). Sabbie, limi e argille laminati (depositi lacustri). Ghiaie ad elementi spigolosi, ghiaie alterate con matrice argillosa arrossata (depositi di versante). Superficie limite superiore caratterizzata da morfologia ben conservata, copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione di circa 1,5 m.
Allogruppo del Ponte di Paderno	OPD	Ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati, passanti transizionalmente verso l'alto a conglomerati; intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali). Cementazione molto variabile (da assente a buona). Prevalenza di litologie alpine (valtellinesi).
Sintema del Po	Pg	Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti strati planari; sabbie e limi da massivi a laminati (depositi fluviali e di esondazione). Limi e argille, localmente idromorfi; alternanze di livelli fini e livelli ghiaiosi (depositi lacustri). Ghiaia e sabbia, limi con clasti sparsi (depositi di versante e colluviati). Blocchi (depositi di frana). Superficie limite superiore poco o non alterata, caratterizzata da entisuoli ed inceptisuoli.
Formazione di Trezzo sull'Adda	Re	Ghiaie a prevalente supporto di matrice, massive o rozzamente organizzate (depositi fluviali). Ciottoli poligenici arrotondati, fortemente alterati; limite inferiore per fronte di alterazione.
Allogruppo di Venegono	Ve	Limi debolmente argillosi con clasti debolmente alterati sparsi: loess colluviati. Limi debolmente sabbiosi, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaie poligeniche poco alterate, limi argillosi con clasti sparsi (depositi fluviali). Ghiaie massicce a supporto di matrice costituita da limi sabbiosi; ghiaie massicce a supporto di clasti (depositi di versante).

2.2 ATTRIBUZIONE DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE

Una volta effettuata la zonazione del territorio comune in unità litologiche e zona di limitazione all'infiltrazione, il gruppo di ricerca dell'Università di Milano-Bicocca ha provveduto ad assegnare un valore di tasso di infiltrazione in condizioni sature alle diverse unità litologiche, seguendo una metodologia a due step:

- Analisi dei test di infiltrazione condotti da UNIMIB;

- Assegnazione di valori di conducibilità caratteristici alle diverse unità litologiche, riclassificate opportunamente in idrofacies;

Nel comune di Cornate D'Adda sono disponibili sondaggi o test di infiltrazione per le unità della Formazione di Trezzo, del Sintema del Po, dell'Allogruppo di Venegono, dell'Unità di Bulgarograsso (Figura 1). Alle unità prive di sondaggi è stato attribuito un potenziale di infiltrazione medio derivato dai dati disponibili per comuni limitrofi della Provincia di Monza e Brianza. La localizzazione di alcuni sondaggi non è riportata in Figura 1 per la difficoltà di georeferenziare con accuratezza i dati.

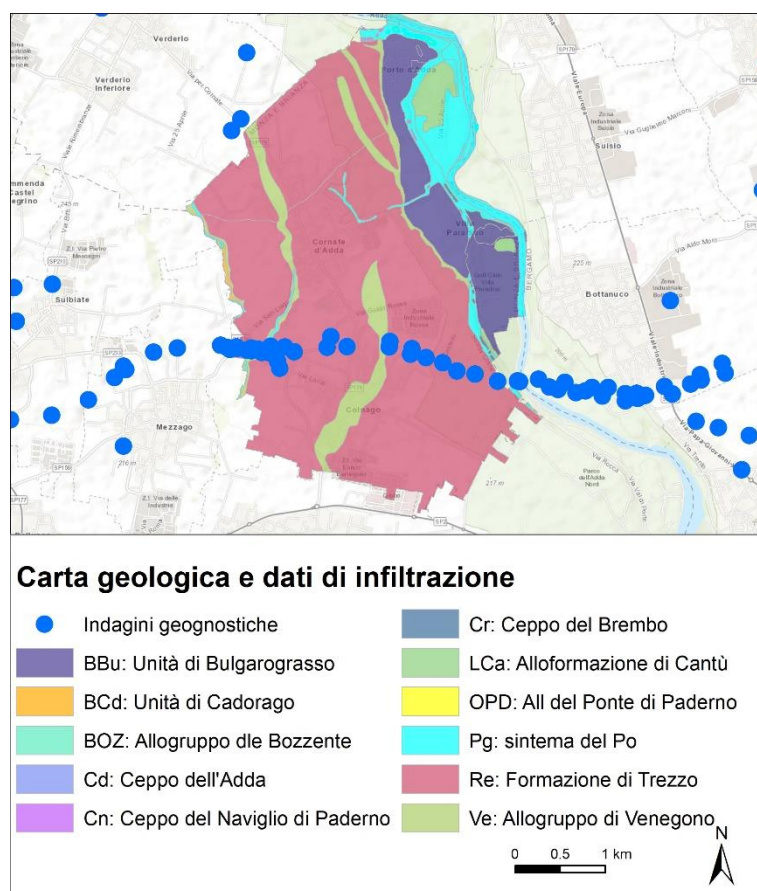


Figura 1. Localizzazione dei test di infiltrazione e delle stratigrafie dei pozzi. I punti sono riportati sullo sfondo della carta litologica.

2.2.1 Test di infiltrazione

Nel comune di Cornate D'Adda, per sopperire ad una mancanza di dati sono state svolte nell'Allogruppo di Venegono, nell'Unità di Bulgarograsso e nella Formazione di Trezzo, delle prove su campo attraverso l'uso dell'infiltrometro a doppio anello in dotazione all'Università Milano-Bicocca.

Tabella 2. Dati di permeabilità

Superficiali				Profonde (-3 m)			
Sito	Unità (sigla)	Profondità (m)	Conducibilità (m/s)	Sito	Unità (sigla)	Profondità (m)	Conducibilità (m/s)
	Re		5,83E-06				
	Re		5,00E-06				
	Ve		3,33E-06				
	BBu		1,50E-05				

2.2.2 Stratigrafie di sondaggio

Nel comune di Cornate D'Adda sono disponibili sondaggi a profondità variabili per la caratterizzazione tessiturale del terreno superficiale e profondo. Dalle stratigrafie dei sondaggi sono disponibili le seguenti informazioni:

Tabella 3. Stima della conducibilità idraulica degli strati superficiali di terreno da indagini geognostiche

Sito	Unità geologica	Conducibilità [m/s]	Hydrofacies
B5E454133736	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E455773726	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E456513715	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SMC
B5E457783673	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SMC
B5E457793673	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,80E-05	SMG
B5E460553684	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E464623851	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SMC
B5E464633851	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E471183798	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	9,56E-02	G
B5E473613720	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	9,56E-02	G
B5E473623720	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,80E-05	SMG
B5E475173620	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E478603472	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E480613436	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E483133356	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,73E-04	S
	Allogruppo di Venegono	6,81E-05	SM
DPSH 1	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	1,68E-05	MS
DPSH 2	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	1,68E-05	MS
DPSH 3	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	1,68E-05	MS
DPSH 4	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	1,68E-05	MS

Tabella 4. Stima della conducibilità idraulica a 3 metri di profondità da indagini geognostiche

Sito	Unità geologica	Conducibilità [m/s]	Hydrofacies
B5E454133736	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	MS
B5E455773726	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SM
B5E456513715	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	MS
B5E457783673	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SM
B5E457793673	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SM
B5E460553684	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E464623851	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	MS
B5E464633851	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E471183798	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E473613720	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E473623720	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SM
B5E475173620	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E478603472	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E480613436	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,24E-07	CM
B5E483133356	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E454213724	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E455823696	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,52E-03	GS
B5E457933745	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,52E-03	GS
B5E464203732	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,52E-03	GS
B5E466403741	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E471103738	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,52E-03	GS
B5E473473658	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E477033561	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
B5E455293704	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	5,50E-09	C
B5E459513737	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	4,43E-06	SM
B5E458953503	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	6,81E-05	SM
	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	2,57E-05	MC
	Formazione di Trezzo (Alterazione Cd)	1,68E-05	MS
B5E456943678	Sintema del Po (Unità Postglaciale)	4,52E-03	GS
	Allogrupo di Venegono	6,81E-05	SM
DPSH 1	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	2,22E-03	SG
DPSH 2	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	6,81E-05	SM
DPSH 3	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	2,22E-03	SG

DPSH 4	Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)	6,81E-05	SM
--------	--	----------	----

3 CALCOLO DEL POTENZIALE DI INFILTRAZIONE

L'associazione dei valori di potenziale di infiltrazione derivanti dai test di infiltrazione e dalle indagini geognostiche alle unità geologiche permette di stimare un valore di riferimento per ogni unità e di procedere in tal modo alla mappatura del potenziale di infiltrazione. Essendo per sua natura un parametro che varia su diversi ordini di grandezza, si è ritenuto opportuno studiare il logaritmo del potenziale di infiltrazione, e di mediare i valori logaritmici delle stime disponibili. Nelle figure successive sono mostrati i box-plot relativi alle misure in superficie ed in profondità, mentre in tabella 5 è mostrata l'attribuzione ad ogni unità litologica del valore del potenziale di infiltrazione mediato e riclassificato secondo lo schema della tabella 6.

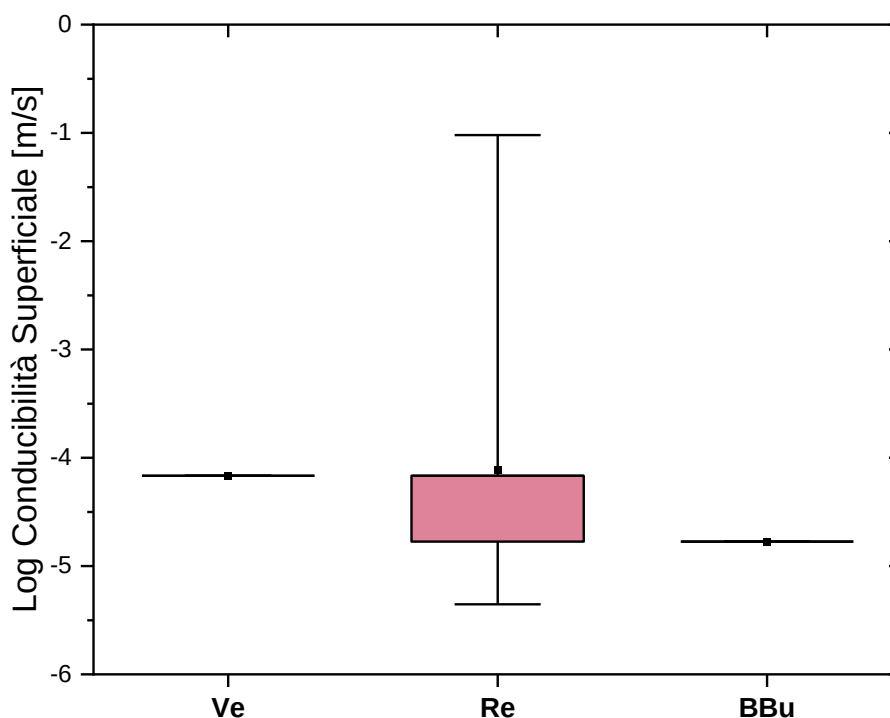


Figura 2. Boxplot che descrive la distribuzione statistica dei dati di conducibilità idraulica riferiti alla parte più superficiale del sito. Per le sigle si veda la tabella 1.

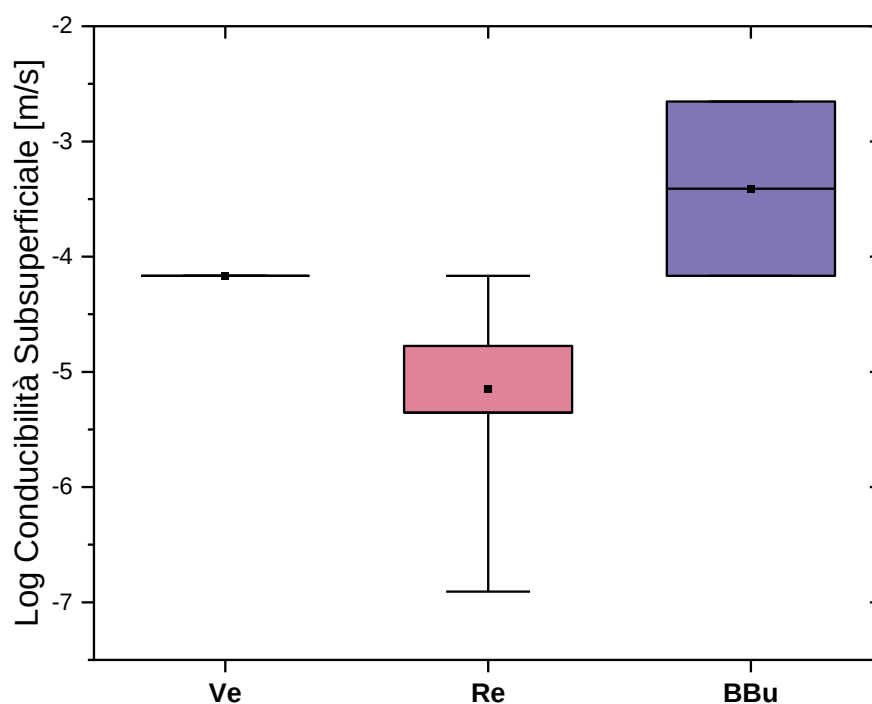


Figura 3. Boxplot che descrive la distribuzione statistica dei dati di conducibilità idraulica riferiti ad una profondità da 2 a 4 metri dal p.c.. Per le sigle si veda la tabella 1.

Tabella 5. Potenziale di Infiltrazione delle unità superficiali e profonde (2-4 m)

Unità geologica	Sigla	Potenziale di infiltrazione superficiale	Potenziale di infiltrazione profondo (2 – 4 m)
Unità di Cadorago	BCd	M	M
Unità di Bulgarograsso	BBu	L	M
Allogruppo dle Bozzente	BOZ	L	M
Ceppo dell'Adda	Cd	VL	VL
Ceppo del Naviglio di Paderno	Cn	VL	VL
Ceppo del Brembo	Cr	VL	VL
Alloformazione di Cantù	LCa	M	H
Allogruppo del Ponte di Paderno	OPD	VL	VL
Sintema del Po	Pg	H	H
Formazione di Trezzo sull'Adda	Re	L	L
Allogruppo di Venegono	Ve	VL	L

Tabella 6. Potenziale di Infiltrazione delle unità superficiali e profonde (2-4 m)

Potenziale di infiltrazione			Conducibilità idraulica satura di riferimento (m/s)
		VH	$> 10^{-2}$
		H	$10^{-2} - 10^{-3}$
		M	$10^{-3} - 10^{-4}$
		L	$10^{-4} - 10^{-5}$
		VL	$< 10^{-5}$

Le Carte del potenziale di infiltrazione sono allegate al presente studio (Tav. C.2.1 e Tav. C.2.2).

