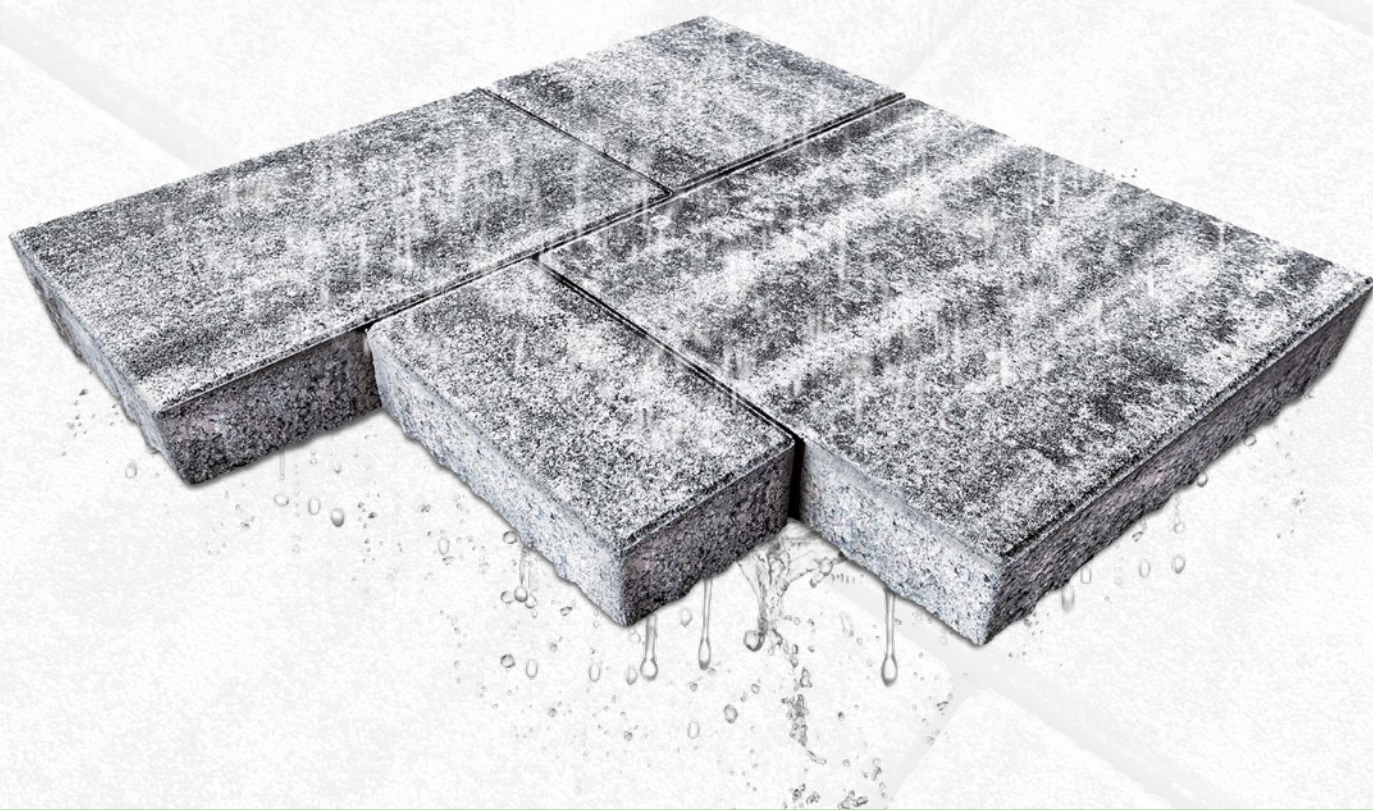




PAVIMENTAZIONI PERMEABILI E INVARIANZA IDRAULICA

CT.10.2021.R4

AT

AREA TECNICA



AT
AREA TECNICA

1. PREMESSA

Il ciclo dell'acqua è uno dei cicli naturali fondamentali che contribuisce al benessere dell'ambiente e di tutte le specie viventi, vegetali e animali. È inoltre fondamentale per la termoregolazione del pianeta, la mitigazione di caldo o freddo estremo, la ventilazione naturale, ecc...

Nel corso degli ultimi decenni abbiamo assistito a un progressivo aumento della "impermeabilizzazione del suolo urbanizzato". L'utilizzo di sistemi di pavimentazioni continue e impermeabili per la realizzazione di superfici esterne private o pubbliche ha provocato l'aumento del carico idrico dei sistemi di raccolta e depurazione delle acque piovane. Tutto ciò ha provocato problemi di gestione e trattamento delle acque, ma anche di 'resa e costi di gestione dei depuratori', che le amministrazioni pubbliche ben conoscono. Inoltre, i recenti cambiamenti climatici hanno portato, soprattutto alle nostre latitudini, a un aumento esponenziale dei fenomeni temporaleschi estremi, le cosiddette 'bombe d'acqua'. Tali eventi, in concomitanza con l'impermeabilizzazione delle superfici di cui sopra, hanno contribuito ad aumentare frequenza e gravità di fenomeni di inondazione e, parallelamente, è aumentato lo smaltimento delle acque piovane in eccesso, potenzialmente inquinate e inquinanti, senza alcun trattamento nei corsi o negli specchi d'acqua superficiali (canali, fiumi, laghi, ecc...).

2. LE RICHIESTE NORMATIVE

A causa di questi problemi abbiamo assistito, nel corso degli ultimi anni, all'entrata in vigore di regolamenti, sia a livello locale che nazionale, che promuovono la corretta gestione delle acque in un'ottica di sicurezza delle persone e di rispetto dell'ambiente.

Di seguito un elenco non esaustivo delle principali norme e regolamenti attivi:

- R.R. Reg. Lombardia 27/11/2017 Invarianza Idraulica
- Direttiva per la sicurezza idraulica Emilia-Romagna DGR 2112/2016,
- Dgr Reg. Veneto n. 2948 del 06 ottobre 2009 Allegato A
- Dgr Piemonte 30 luglio 2018, n. 25-7286
- LEGGE REGIONALE Toscana 24 luglio 2018, n. 41
- DM 11/01/2017 Adozione dei criteri ambientali minimi C.A.M.

Tutti i regolamenti e decreti citati concordano nella necessità di rispettare il principio della cosiddetta "**invarianza idraulica**" ovvero: *mantenere invariata la portata e il volume delle acque di pioggia scaricati nei corpi ricettori anche dopo gli interventi di ristrutturazione edilizia, le nuove costruzioni, le urbanizzazioni allo scopo di conservare il delicato equilibrio idraulico del territorio.*

Le richieste normative vanno oltre questa semplice definizione; sono, infatti, sempre più orientate in direzione del mantenimento o ripristino della permeabilità naturale dei siti, con specifico riferimento alla necessità, in caso di intervento in zona già urbanizzata, al non limitarsi ad accettare un semplice miglioramento rispetto allo 'stato di fatto' dell'area interessata dall'intervento, ma a riportarlo alla permeabilità originaria pre-antropizzazione.

LA SOLUZIONE

3. LA SOLUZIONE: LE PAVIMENTAZIONI DRENANTI

Le pavimentazioni permeabili BAGATTINI, sono una delle soluzioni maggiormente vantaggiose, testate e sicure per il ripristino della richiesta *naturale permeabilità delle superfici esterne*.

BAGATTINI produce da oltre quarant'anni pavimentazioni per esterni drenanti; inoltre, con l'esclusiva miscela della linea DRENPAV®, siamo stati pionieri in Italia nella realizzazione di pavimentazioni drenanti realizzate con calcestruzzo poroso, comunemente conosciute come "pavimentazioni filtranti".

L'utilizzo di queste pavimentazioni drenanti e/o filtranti per la realizzazione di superfici esterne permette il corretto filtraggio delle acque negli strati inferiori della pavimentazione e del sottofondo in modo da evitare l'impermeabilizzazione dei suoli e, in questo modo, garantire benessere dell'ambiente e dell'uomo.

I prodotti drenanti o filtranti BAGATTINI permettono di creare zone con un coefficiente di deflusso (quantità di acqua che scorre sulla superficie) minimo, grazie alla loro permeabilità che può arrivare fino al 100%.





BENEFICI IDROLOGICI GENERALI

Le pavimentazioni permeabili aiutano a ristabilire un equilibrio idrologico naturale e riducono il volume di ruscellamento intrappolando e rilasciando lentamente le precipitazioni nel terreno invece di consentirle di defluire nelle fognature e nelle acque riceventi come effluente. La pavimentazione permeabile può ridurre la concentrazione di alcuni inquinanti sia fisicamente (intrappolandoli nella pavimentazione o nel suolo), che chimicamente (batteri e altri microbi possono abbattere e utilizzare alcuni inquinanti) che biologicamente (piante che crescono tra alcuni tipi di pavimenti BAGATTINI possono intrappolare e immagazzinare inquinanti). Rallentando il processo, le pavimentazioni permeabili possono raffreddare la temperatura dell'ambiente urbano, riducendo lo stress e l'impatto sull'ambiente dei corsi d'acqua o dei laghi. Controllando il deflusso alla fonte, la pavimentazione permeabile può anche ridurre la necessità o le dimensioni richieste di sistemi di accumulo quali vasche di laminazione, bacini di espansione, fossi disperdenti, ecc...le dimensioni richieste di sistemi di accumulo quali vasche di laminazione, bacini di espansione, fossi disperdenti, ecc...



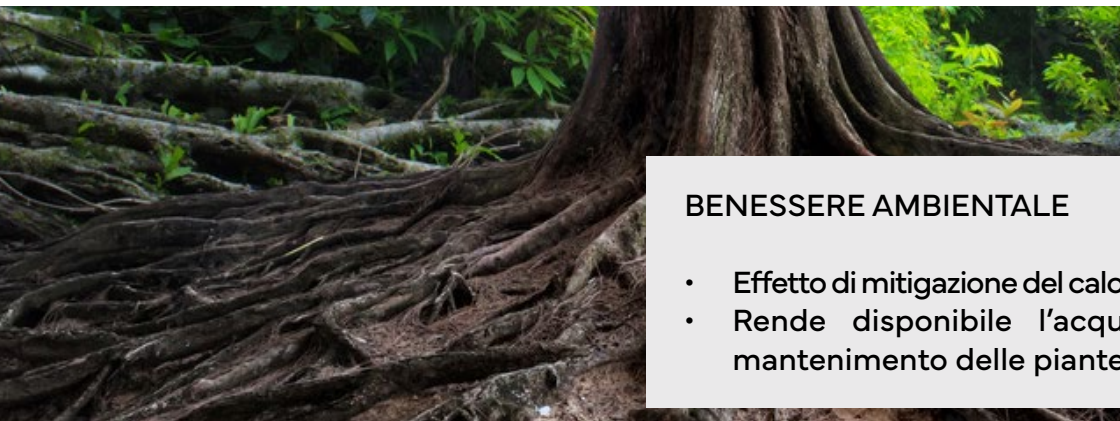
BENEFICI

BENEFICI PER IL MICROCLIMA

Un altro vantaggio della pavimentazione permeabile è la ridotta necessità di applicare sale decongelante sulle strade nel periodo invernale. I ricercatori dell'Università del New Hampshire hanno osservato che una pavimentazione permeabile necessita solo dallo 0 al 25% del sale applicato abitualmente ad una pavimentazione normale (Houle e altri, 2009). Altri ricercatori hanno scoperto che l'aria intrappolata nella pavimentazione può immagazzinare calore e rilasciarlo in superficie, favorendo lo scioglimento e lo scongelamento di neve e ghiaccio (Roseen e altri, 2012).

VANTAGGI

4. VANTAGGI DELLE PAVIMENTAZIONI DRENANTI E FILTRANTI BAGATTINI



BENESSERE AMBIENTALE

- Effetto di mitigazione del calore ambientale estivo;
- Rende disponibile l'acqua piovana per il mantenimento delle piante.



MIGLIORE GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

- Mantenimento della falda freatica, limitandone la tendenza all'abbassamento
- Garantisce il miglioramento dell'ambiente in relazione al ciclo dell'acqua,
- Riduce i fenomeni di ruscellamento verso i corsi d'acqua (con conseguente minore sensibilità degli stessi ai fenomeni di piena);



MINORI COSTI DI GESTIONE RETI DI SCARICO

- Riduce il convogliamento di sporcizia e fogliame nelle caditoie (che provocano allagamenti);
- Riduce i sovraccarichi della rete fognaria, in particolare in caso di eventi temporaleschi;
- Riduce il carico alle stazioni di depurazione dove convogliano i sistemi fognari, con conseguente aumento del loro rendimento.



COMFORT E SICUREZZA PER LE PERSONE

- Virtuale assenza di pozzanghere
- Sicurezza Stradale (assenza di aquaplaning)



DISPONIBILI IN DIVERSI MODELLI E TIPOLOGIE
adatti a ogni classe di carico/traffico veicolare

FILTRAGGIO DEGLI INQUINANTI SUPERFICIALI E PROTEZIONE DELLA FALDA
ACQUIFERA (vd § 8. **Pavimentazioni Drenanti e riduzione degli inquinanti**)

Nel caso specifico delle pavimentazioni filtranti DRENOPAV®, trattandosi di
pavimentazioni con una superficie uniforme viene garantito il comfort di utilizzo
pedonale o ciclabile delle superfici.

N.B. Occorre specificare che esistono sul mercato altri prodotti chiamati commercialmente "Drenanti", i quali, in caso di pioggia, evitano la formazione di pozzanghere o del film d'acqua sulla propria superficie, ma che, in realtà, non drenano l'acqua, ma la fanno scorrere in uno strato sotto di esse; tali acque vengono quindi disperse a lato della pavimentazione stessa o recepite ancora dai sistemi di raccolta, proprio come accade per tutte le altre le pavimentazioni impermeabili.

In caso di pavimentazioni drenanti o filtranti BAGATTINI, di contro, l'acqua incidente sulle superfici passa attraverso questi prodotti e attraverso gli strati di allettamento degli stessi fino ad infiltrarsi negli strati di terreno sottostanti.



AT
AREA TECNICA

PERMEABILITÀ

5. TASSO DI INFILTRAZIONE E PERMEABILITÀ

Qualsiasi superficie (anche quelle naturali) ha una percentuale di riduzione della quantità d'acqua che viene assorbita o infiltrata negli strati del sottofondo rispetto alla quantità di acqua piovana. Tale percentuale dipende da una serie di fattori, tra i quali i principali sono:

Quantità di acqua piovana;

Maggiore è l'intensità della pioggia, maggiore sarà la quantità di acqua che scorre sulle superfici prima di venire assorbita dal terreno;

- Pendenza della superficie della pavimentazione; all'aumentare della pendenza aumenta la quantità di acqua che scorre sulla superficie prima di essere drenata;

- Tipologia di terreno di sottofondo ed eventuale saturazione dello stesso;

Sottofondi con limosi o argillosi sono meno permeabili, mentre i sottofondi ghiaiosi hanno buona o ottima permeabilità. Inoltre in caso di periodi di pioggia prolungati (e sempre in rapporto alla tipologia di composizione) i sottofondi possono 'saturare' e pertanto non accettare ulteriori quantità di acqua.

- Tipologia di materiali di finitura della pavimentazione:

come detto le pavimentazioni in asfalto, in calcestruzzo e tutte quelle generalmente posate a malta (ceramica, gres o pietra naturale) sono impermeabili, ma, contrariamente a quanto si pensi, anche le superfici in terreno battuto sono poco permeabili e le stesse superfici a prato sono mediamente permeabili (vd. § 7. Tipologie di Pavimenti Drenanti).

La capacità delle superfici di essere permeabili all'acqua viene spesso indicata col cosiddetto coefficiente di afflusso/deflusso (che indica il rapporto tra la quantità di acqua piovana (precipitazioni) e la quantità di acqua che scorre sulla superficie e va nei sistemi di raccolta o nei bacini superficiali).

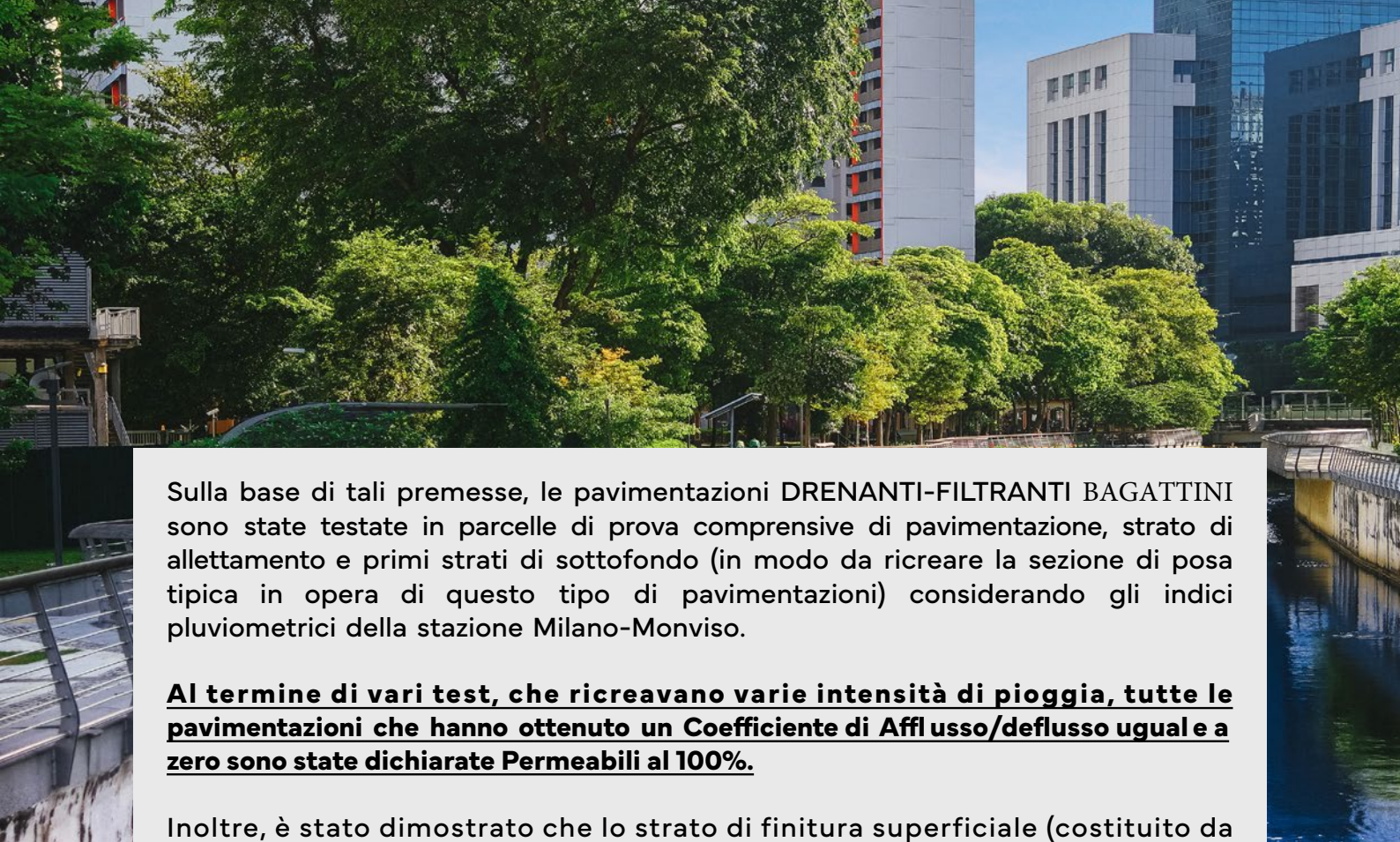
Si tratta di un numero, compreso tra 0 e 1, nel quale 1 indica le superfici completamente impermeabili e 0 quelle totalmente permeabili. Come detto, la permeabilità totale, lo 'zero assoluto', non è teoricamente raggiungibile.

È invece raggiungibile, sempre teoricamente, uno "zero relativo"; ovvero, in base ad una quantità di pioggia definita relativa alla zona oggetto dell'intervento (pioggia di progetto o indice pluviometrico*) posso esistere superfici e terreni in grado di assorbirla completamente perché possiedono capacità di drenaggio superiori alla quantità di pioggia prevista. In tal caso si parla di coefficiente di deflusso pari a zero o permeabilità al 100%.

È invece raggiungibile, sempre teoricamente, uno "zero relativo"; ovvero, in base ad una quantità di pioggia definita relativa alla zona oggetto dell'intervento (pioggia di progetto o indice pluviometrico*) posso esistere superfici e terreni in grado di assorbirla completamente perché possiedono capacità di drenaggio superiori alla quantità di pioggia prevista. In tal caso si parla di coefficiente di deflusso pari a zero o permeabilità al 100%.

*L'indice pluviometrico indica la quantità di acqua piovana misurata nel tempo in una determinata zona, la pioggia di progetto e invece la stessa quantità d'acqua incrementata percentualmente per indicare la possibilità di eventi estremi.

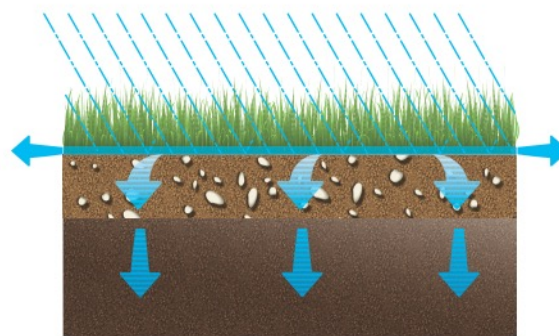
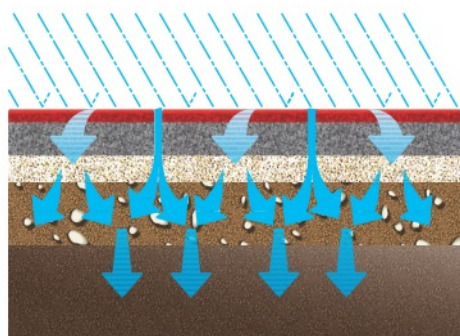




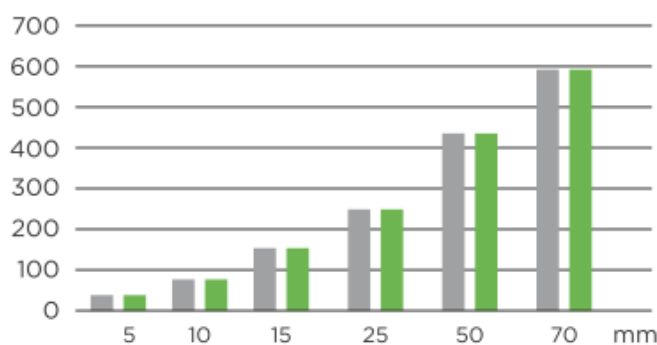
Sulla base di tali premesse, le pavimentazioni DRENANTI-FILTRANTI BAGATTINI sono state testate in parcelle di prova comprensive di pavimentazione, strato di allettamento e primi strati di sottofondo (in modo da ricreare la sezione di posa tipica in opera di questo tipo di pavimentazioni) considerando gli indici pluviometrici della stazione Milano-Monviso.

Al termine di vari test, che ricreavano varie intensità di pioggia, tutte le pavimentazioni che hanno ottenuto un Coefficiente di Afflusso/deflusso uguale e a zero sono state dichiarate Permeabili al 100%.

Inoltre, è stato dimostrato che lo strato di finitura superficiale (costituito da pavimentazioni permeabili e loro allettamento) ha sempre prestazioni di permeabilità decisamente superiori rispetto ai sottofondi, pertanto la permeabilità di tali aree dipenderà principalmente dalle capacità degli strati inferiori di sottofondo e del terreno di recepire le acque.



Così come le superfici naturali a prato, i DRENANTI BAGATTINI permettono l'assorbimento nel terreno dell'acqua piovana



QUANTITÀ DI PIOGGIA DRENATA.
DRAINED RAIN AMOUNT TEST.

■ Pioggia in litri
Rainfall liters

■ Acqua drenata
Drained liters

INVARIANZA

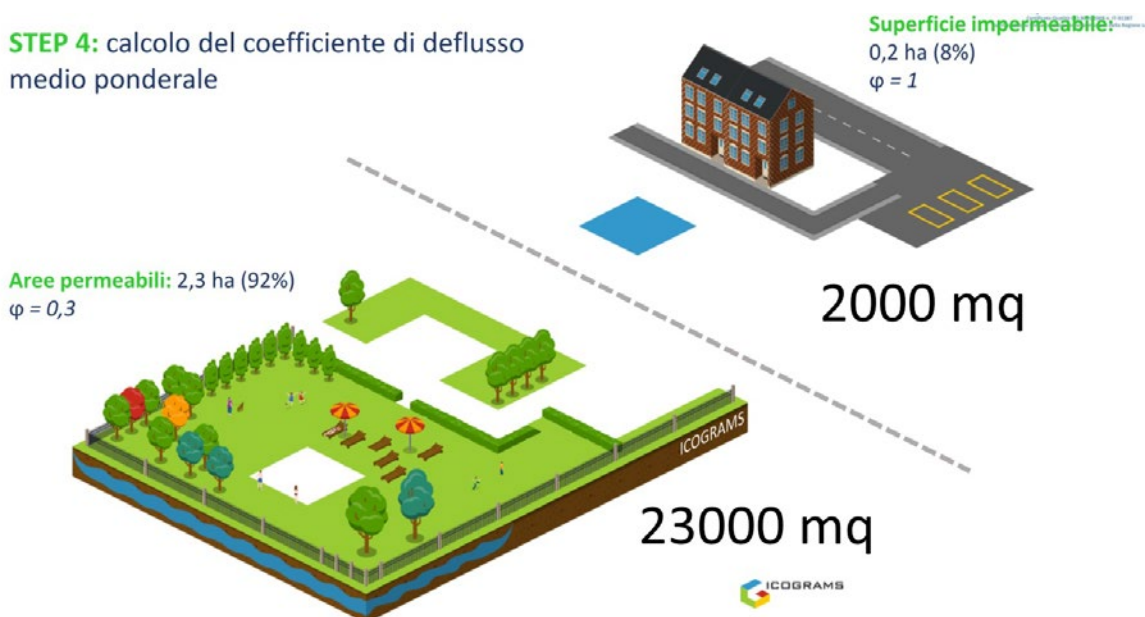
5.1. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO E INVARIANZA IDRAULICA

Solitamente i regolamenti di cui al **§2 Le richieste normative** richiedono calcoli sulla base di tre punti principali: localizzazione dell'intervento (livello di criticità del territorio), superficie dell'intervento (entità dell'intervento stesso), **coefficiente di deflusso medio ponderale** (ovvero la quantità di acqua che affluisce nelle fognature o nei corsi d'acqua).

Per quanto riguarda il Coefficiente di deflusso medio ponderale, che è il punto che lascia più libertà di intervento al progettista, è possibile per il tecnico attribuire alle aree pavimentate con pavimenti drenanti BAGATTINI in opera un coefficiente di deflusso $\varphi = 0,2-0,3$ (nonostante, come detto, la prestazione misurata sia di $\varphi = 0,0$) poiché il calcolo in tali regolamenti tiene conto: dell'invecchiamento (sigillatura) della pavimentazione o dei giunti; della eventuale saturazione del terreno (eventi di lunga durata); di potenziali eventi eccezionali superiori per intensità a quelli considerati nel test (tempo di ritorno 10 anni).

Non potendo, evidentemente, diminuire il coefficiente di deflusso di ogni parte della costruzione (ad esempio quello di tetti e coperture, che sono necessariamente impermeabili), all'aumentare delle aree con basso coefficiente di deflusso (come le aree verdi o le aree pavimentate con pavimenti DRENANTI), permette di riuscire a raggiungere un Coefficiente di Deflusso medio ponderale $\varphi < 0,4$ che dà la possibilità di applicare calcoli meno impegnativi o prevedere interventi meno onerosi.

STEP 4: calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale



$$\text{Coefficiente di deflusso medio ponderale: } \varphi = \frac{0,2 \cdot 1 + 2,3 \cdot 0,3}{2,5} = 0,356 \approx 0,4$$

Schema di calcolo Coefficiente di Deflusso Medio Ponderale - ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI VARESE
ing. Maurizio Girolidi



AT
AREA TECNICA

ACCUMULO

6. CAPACITÀ DI ACCUMULO

Fermo restando quanto verificato riguardo alla filtrazione dell'acqua nel sottosuolo per le pavimentazioni drenanti, in caso di eventi meteorici particolarmente intensi o in caso di sottofondi già saturi di acqua, può essere necessario accumulare ulteriori quantità di acqua che verranno assorbite più lentamente dal sottosuolo.

Nei regolamenti relativi all'invarianza idraulica tale caratteristica viene definita "capacità di accumulo". Dagli studi disponibili, le pavimentazioni drenanti BAGATTINI (considerando il pacchetto superficiale costituito da elementi modulari in cls, strato di allettamento e strato di misto granulare drenante) sono in grado di accumulare fino a un massimo di circa 100 mm di pioggia.

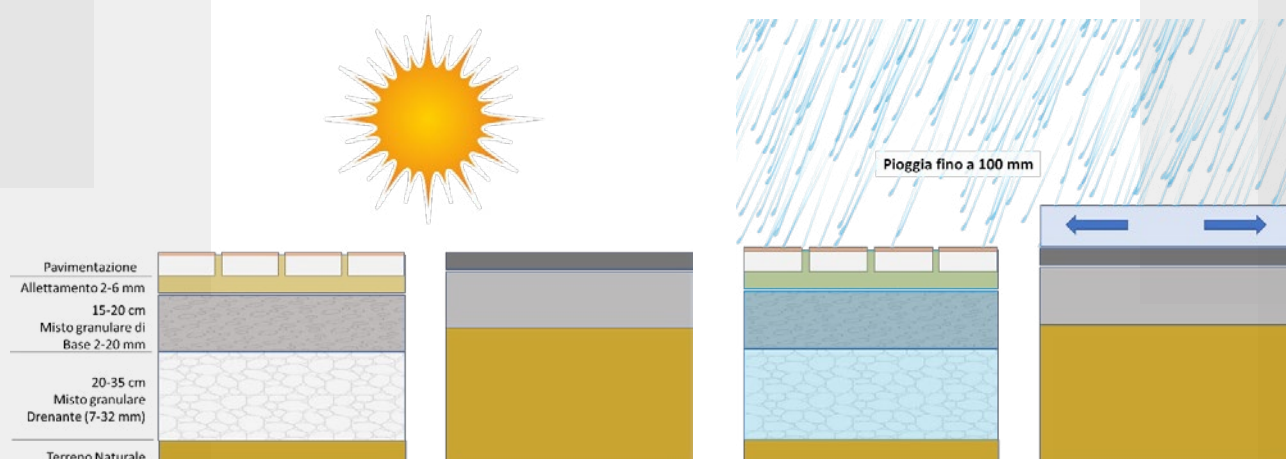


Fig. 4 -Con pavimentazioni drenanti BAGATTINI, in caso di pioggia, gli strati di posa e riesco-no ad accumulare l'acqua piovana, mentre con pavimentazioni impermeabili, come quelle in asfalto, l'acqua scorre sulla superficie e deve essere accumulata altrove (vd. capitolo successivo, 5.1. Vasche di laminazione)

Ciò significa che, in condizioni di sottofondo poco permeabile o saturo, tali soluzioni posso-no comunque permettere di accumulare l'acqua relativa a eventi temporaleschi estremi (periodo di ritorno 10 anni*).

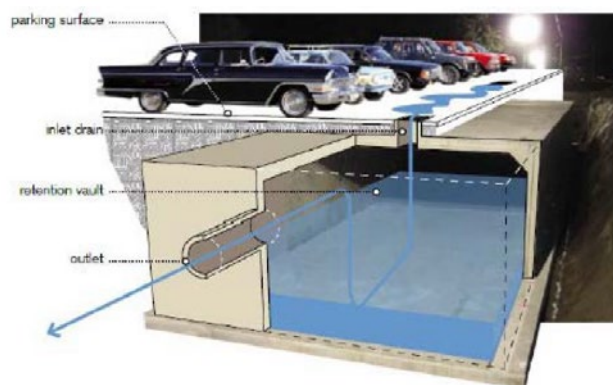
* il periodo di ritorno, di un evento, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore a un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta. Il "tempo di ritorno" è definito come la probabilità che un evento di una certa intensità ha di verificarsi; pertanto tempo di ritorno 10 anni indica un evento temporalesco eccezionale per il quale si valuta che possano intercorrere 10 anni prima che si verifichi nuovamente. per il quale si valuta che possano intercorrere 10 anni prima che si verifichi nuovamente.

6.1 VASCHE DI LAMINAZIONE

L'importanza di entrambe le proprietà di permeabilità e accumulo dei pavimenti Drenanti BAGATTINI è inoltre evidenziata dal fatto che nei regolamenti per l'invarianza idraulica è richiesta la realizzazione di onerosi interventi (quali vasche di laminazione, specchi d'acqua artificiali, bacini di espansione, fossi disperdenti, ecc...) per accumulare le acque provenienti dalle superfici impermeabili e fare in modo che queste acque vengano assorbite poco per volta dal sottosuolo.



Il volume richiesto di tali sistemi di raccolta temporanea delle acque è correlato con la percentuale di superfici permeabili di ogni lotto. L'utilizzo di pavimentazioni drenanti può far diminuire sensibilmente i volumi richiesti dai regolamenti di tali sistemi di raccolta e immagazzinamento delle acque, fino a evitarne, in molti casi (a seconda dell'incidenza sulle superfici totali rispetto alle superfici impermeabili), la necessità/obbligo di realizzazione.



6.1.2. COSTO DELLE VASCHE DI LAMINAZIONE

Come detto, in caso venga realizzato una sezione di posa comprensiva di strato drenante, tali superfici possono rappresentare esse stesse 'bacino di accumulo', inoltre **il volume delle vasche di laminazione è calcolato in base all'incidenza delle superfici impermeabili, ne consegue che, all'aumentare delle superfici DRENANTI, diminuiscono le superfici impermeabili e, di conseguenza, il volume delle vasche di laminazione.**

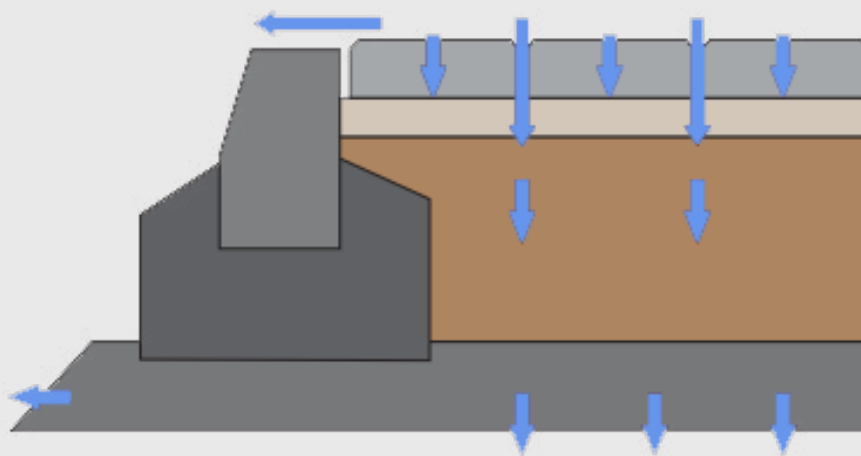
Considerando che il costo di una vasca di laminazione può variare tra i 700 e i 900 €/m3, la scelta di pavimentazioni permeabili BAGATTINI rispetto ad altre tipologie di pavimentazione, oltre a tutti i vantaggi già elencati, può risultare economicamente vantaggiosa per la committenza.

DRENANTI

7. TIPOLOGIE DI PAVIMENTI DRENANTI.

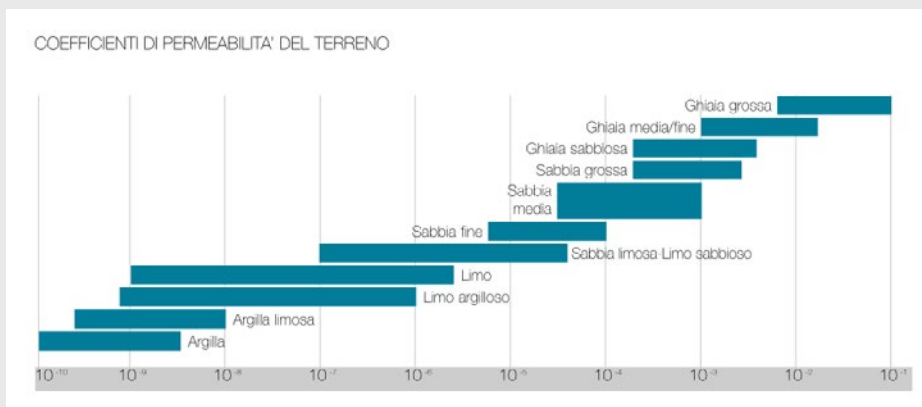
La permeabilità di una pavimentazione composta da elementi modulari in calcestruzzo posati a secco dipende sostanzialmente da tre fattori:

- Percentuale di vuoti (giunti o fori) della pavimentazione;
- Permeabilità del calcestruzzo componente il massello;
- Permeabilità degli strati che costituiscono il sottofondo.

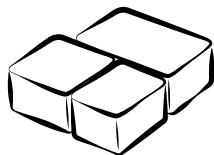


• la permeabilità dei giunti e delle aperture dipende, oltre che dalla loro ampiezza e incidenza rispetto alla superficie totale, dal materiale di riempimento e dalla pendenza della pavimentazione;

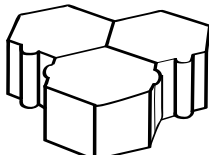
• per quanto riguarda la permeabilità del sottofondo, essa varia secondo la distribuzione granulometrica, il grado di compattazione ed il contenuto di umidità del terreno (nella tabella più sotto è indicato il coefficiente di permeabilità per i diversi tipi di terreno).



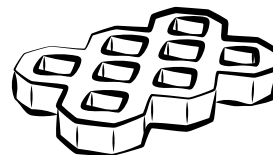
Volendo considerare ora le diverse tipologie di elementi pavimentari in calcestruzzo al fine di valutarne le differenze e le possibili destinazioni d'uso, giungiamo a classificarli in tre distinte categorie, che contraddistinguono anche le rispettive linee di pavi-mentazioni drenanti BAGATTINI:



PRODOTTI DRENOPAV
DRENOPAV PAVERS



PRODOTTI CON DISTANZIALI MAGGIORATI
SPECIAL SPACER PAVERS



GRIGLIATI ERBOSI
GRID PAVERS

A seguito delle valutazioni esposte più avanti, è inoltre possibile affermare che tutte le pavimentazioni Drenanti o Filtranti di BAGATTINI possono raggiungere percentuali di permeabilità all'acqua fino al 100% (compatibilmente con le capacità drenanti del sottofondo), mentre i masselli autobloccanti classici presentano una capacità più ridotta (circa 20% iniziale, che diminuisce rapidamente per effetto della sigillatura e compattazione del materiale nei giunti e, pur essendo decisamente migliori rispetto a asfalti o altri tipi di pavimentazioni impermeabili, sono indicati per applicazioni meno specifiche in tal senso.



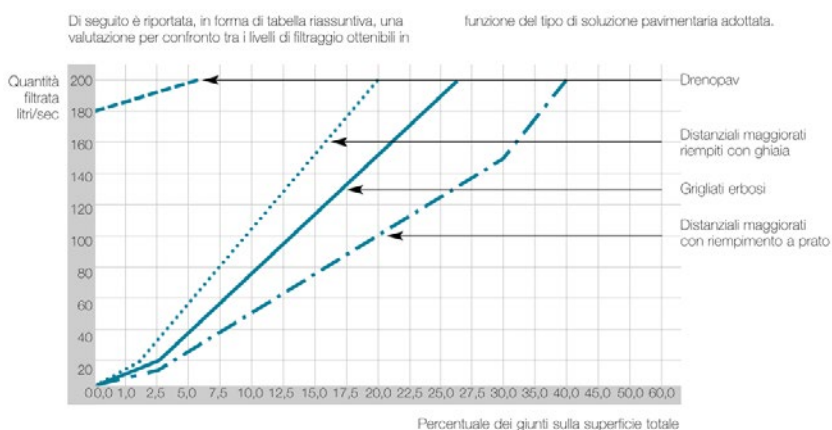


TEST DI PERMEABILITÀ

BAGATTINI ha richiesto a laboratori accreditati di eseguire prove di permeabilità sui propri prodotti e ha confrontando i risultati con quelli di una superficie coltivata a prato e con quelli dei masselli tradizionali. Da tali test si desume che tutte e tre le tipologie di prodotto BAGATTINI possono essere considerate permeabili al 100%. (Coeff. Di Deflusso applicabile 0,2-0,3).

È inoltre importante sottolineare che, rispetto ad altre soluzioni 'dichiarate drenanti' (come l'asfalto drenante per esempio), questi prodotti sono installati su sottofondo naturale, pertanto l'acqua piovana può infiltrarsi nel terreno, garantendo il benessere ambientale e il mantenimento della falda acquifera. Ulteriori test hanno confermato anche il miglior comportamento come mitigazione del clima di tali soluzioni in corrispondenza di temperature ambientali molto alte o molto basse (estate/inverno).

AT
AREA TECNICA



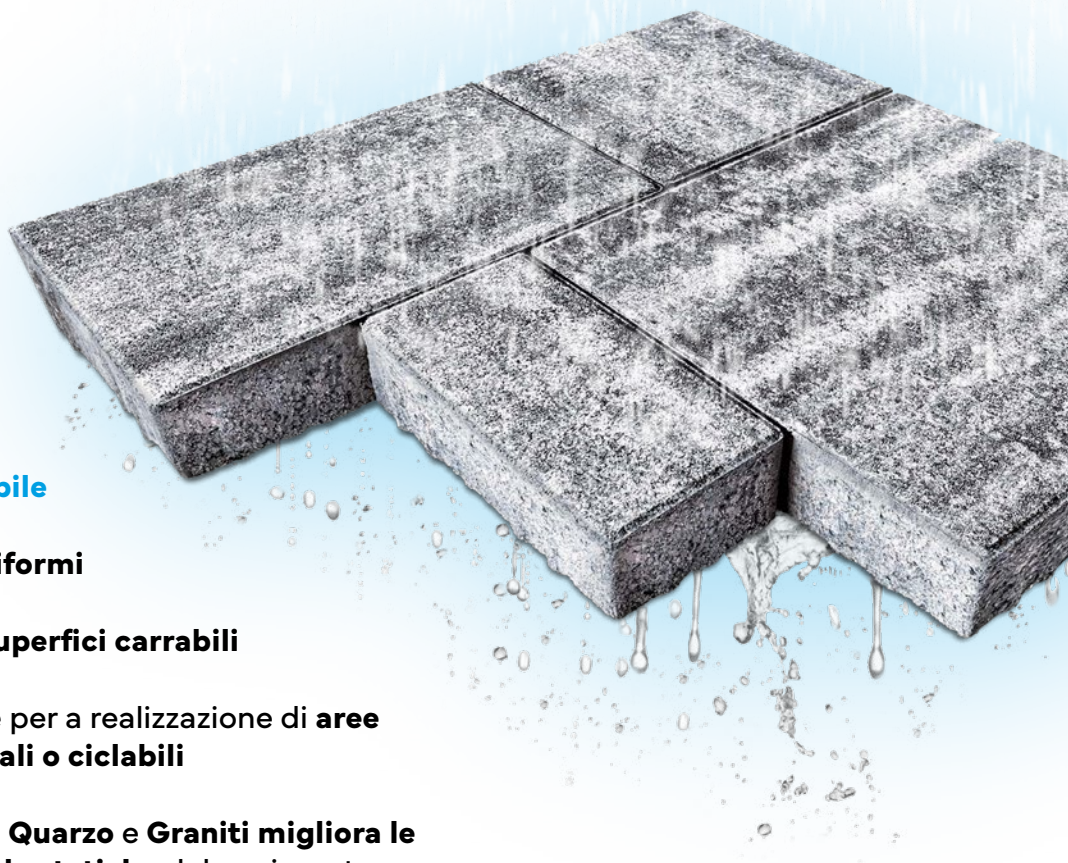
DRENOPAV

7.2 PAVIMENTI FILTRANTI DRENOPAV.

Elementi modulari realizzati con calcestruzzo poroso filtrante. Il calcestruzzo costituente il massello è realizzato con una specifica miscela, che presenta una prefissata porosità. Come conseguenza di tale processo produttivo, l'intera pavimentazione diventa drenante, pur restando completamente autobloccante e, soprattutto, mantenendo una superficie continua.

Il calcestruzzo permeabile ha solitamente resistenze meccaniche leggermente inferiori a quello delle pavimentazioni autobloccanti tradizionali, ed è meno durabile di un calcestruzzo compatto se sottoposto a cicli di gelo/disgelo in presenza di sali decongelanti.

Casi studio americani hanno dimostrato che la permeabilità può essere mantenuta nel tempo grazie alla manutenzione e pulizia delle superfici. Tuttavia risulta più difficile la manutenzione in caso di superfici sottoposte al traffico veicolare.



- Miscela porosa **permeabile**
- **Superfici** continue e **uniformi**
- Disponibile anche per **superfici carrabili**
- Indicato principalmente per la realizzazione di **aree commerciali, zone pedonali o ciclabili**
- Lo **strato superficiale** al **Quarzo** e **Graniti** migliora le **caratteristiche teniche ed estetiche** del pavimento

Per tutto quanto sopra esposto tale tipo di pavimentazioni sono particolarmente indicate per la realizzazione di marciapiedi e aree ciclopedonali, cortili di abitazioni private, stalli di parcheggi per autovetture e autoveicoli. Nella tabella a lato è illustrata una delle **prove di permeabilità** effettuate sui prodotti della linea **DRENOPAV**:



DRENOPAV FILTRANTI

ARTICOLI DI QUESTA TIPOLOGIA

clickare sull'immagine per visualizzare la scheda prodotto:



CASSIA



AGORÀ



CLODIA



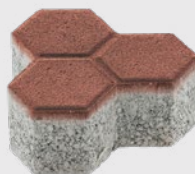
URBE



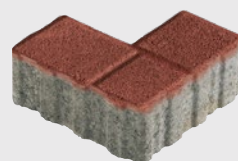
SELCE 21



SESTINO



TRISEI



ARMONIA

N.B. I prodotti in cls poroso sono espressamente esclusi dal campo di applicazione dalle norme armonizzate per pavimentazioni modulari in cls, UNI EN 1338-1339.

BAGATTINI, per garantire la qualità del prodotto, provvede in ogni caso a eseguire le stesse prove di controllo e test di laboratorio previste nelle Norme UNI EN 1338 e 1339, ma è vietata l'apposizione del marchio CE.

Il calcestruzzo permeabile ha solitamente resistenze meccaniche leggermente inferiori a quello delle pavimentazioni autobloccanti tradizionali, ed è meno durabile di un calcestruzzo compatto se sottoposto a cicli di gelo/disgelo in presenza di sali decongelanti.

SCOPRI TUTTI I PRODOTTI **DRENOPAV** SUL **NOSTRO SITO WEB!**

7.2.2 CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ PER PAVIMENTAZIONI FILTRANTI

Per calcolare la permeabilità di un'area occorre verificare il coefficiente K di ogni materiale componente la sezione di sottofondo, allettamento e pavimentazione. Per quanto riguarda la pavimentazioni filtranti la permeabilità del calcestruzzo poroso viene verificata tramite il

TEST CON PERMEAMETRO BELGA

La prova con il permeametro Belga c/o laboratorio accreditato hanno verificato la seguente permeabilità media per i diversi spessori di calcestruzzo dei prodotti filtranti BAGATTINI:

punti di prova

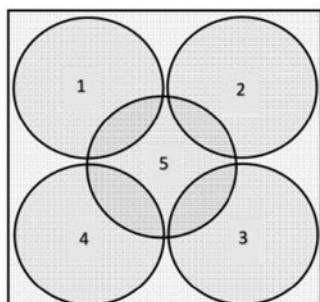


foto permeametro



Rif. Normativo: Soc. Autostrade S.p.a. - comparabile alle MPW Belgio

Il Direttore del Laboratorio Geom. Paolo Oldani



L'incaricato alla prova Dr. Giorgio Sonzogni

Essendo necessarie diverse unità di misura a seconda dei sistemi di calcolo o di valutazione si prega di avvalersi del seguente tabella per calcolo e/o valutazione delle prestazioni idrauliche utilizzando, in via cautelativa, il valore dichiarato anziché quello misurato:

Valore Misurato Sp. 4 cm	Valore Misurato Sp. 6 cm	Valore Misurato Sp.8 cm	Valore Dichiarato Sp. 4, 6 e 8 cm	Unità di Misura
1040,33	893	1121,4	800	l/min/m ²
17,34	14,88	18,69	13,33	l/sec/m ²
173388,3	148833,3	186900	133333	l/sec/ha
17,33*10 ⁻³	14,88*10 ⁻³	18,69*10 ⁻³	13,33*10 ⁻³	K=m/s

AT

AREA TECNICA

DISTANZIALI MAGGIORATI

7.2.3 - PAVIMENTI CON DISTANZIALI MAGGIORATI

Quando si affrontano aree sottoposte a carichi elevati, il progettista è abituato a mediare tra le necessità di carico richiesta dalla committenza e le necessità di permeabilità delle superficie richieste dalle normative BAGATTINI ha messo a punto specifici masselli con distanziali maggiorati che oltre alla proprietà drenante, conservano anche un'ottima capacità di autobloccanza e di resistenza ai carichi. Questi masselli in calcestruzzo sono realizzati con profili distanziatori maggiorati, in modo da creare, una volta posati, ampi giunti tra di loro in grado di drenare l'acqua piovana. Ovviamente la capacità drenante aumenta all'aumentare del rapporto tra la superficie dei giunti e la superficie dei masselli. Con questo tipo di pavimentazioni è buona cosa valutare attentamente la forma dell'elemento da utilizzare, che, se non appositamente studiata, può compromettere la caratteristica di vincolo propria degli autobloccanti.

VANTAGGI



- La **permeabilità** è data dall'ampio giunto (da sigillare con graniglia).
- L'**incastro** dei masselli garantisce ottima stabilità.
- Lo **strato superficiale** con inerti pregiati **migliora le caratteristiche tecniche** (abrasione, scivolamento, ecc...) ed **estetiche** del pavimento.
- Sono **indicati anche per traffico veicolare pesante**: aree logistiche, industriali e strade urbane.



COME FUNZIONANO

Come le migliori pavimentazioni per aree industriali, si basano sul sistema delle pavimentazioni modulari posate a secco su letto di sabbia.

La resistenza ai carichi medi o pesanti è data, oltre che dal rapporto tra la dimensione e lo spessore degli elementi, **dagli specifici distanziali che creano un effettivo incastro tra i masselli adiacenti** garantendo la resistenza alle sollecitazioni di carico dinamico.



Tali distanziali possiedono un esclusivo disegno e la loro misura 'maggiorata' permettono di creare un giunto tra un elemento e l'altro (sigillabile con ghiaino) di misura sufficiente a drenare l'acqua piovana. I rigorosi test di laboratorio sui prodotti e le verifiche in opera nelle ormai numerose realizzazioni garantiscono il successo di questa specifica soluzione.

Esempi ARTICOLI DI QUESTA TIPOLOGIA



ESADRAIN 8cm



CUBE 8cm



DRENIX 8cm

GRIGLIATI ERBOSI

7.4 GRIGLIATI ERBOSI

Gli elementi grigliati sono piastre forate, generalmente quadrate o rettangolari, aventi dimensioni comprese tra 20 e 50 cm e spessori variabili da 8 a 11 cm.

- La loro capacità drenante dipende dal rapporto vuoto/pieno.
- Indicati per il transito di mezzi medio-leggeri o per stalli dei parcheggi (anche carichi pesanti).
- I vuoti possono essere riempiti con terriccio per la realizzazione di prato con graniglia
- Contribuiscono ad aumentare le superfici verdi

La loro capacità drenante aumenta proporzionalmente a due fattori:

- valore del rapporto vuoto/pieno dell'elemento di pavimentazione e
- materiale di riempimento dei vuoti.

In riferimento a quest'ultimo punto: Il terreno da coltivo, con conseguente inerbimento, è di bassa permeabilità; la sabbia priva di parti fini è di media permeabilità; la graniglia o il ghiaietto presentano infine un'alta permeabilità, sono quindi consigliabili in caso si voglia un'alta capacità drenante e durevolezza di tale soluzione.

In ogni caso la permeabilità degli elementi grigliati è sempre molto superiore ai tradizionali masselli autobloccanti in calcestruzzo.

ARTICOLI DI QUESTA TIPOLOGIA

clicare sull'immagine per visualizzare la scheda prodotto



SCACCO 8cm



PRATO 10cm

GRIGLIATI ERBOSI
www.bagattini.com



7.5 - COMPARAZIONE TRA LE CARATTERISTICHE DELLE TRE TIPOLOGIE DI DRENANTI

In conclusione, non esiste un prodotto drenante 'migliore', esistono, piuttosto, soluzioni differenti che rispondono ad esigenze differenti. Pertanto esistono tipologie di prodotto drenante che rispondono meglio di altre alle specifiche esigenze di ogni progetto.

A livello indicativo e non esaustivo, si prova di seguito a evidenziare alcuni vantaggi delle diverse soluzioni a seconda delle necessità di progetto:

TABELLA COMPARATIVE DELLE PAVIMENTAZIONI IN RELAZIONE ALLA
PERMEABILITA' E DESTINAZIONE D'USO

Tipologia di Pavimento	Permeabilità	Estetica	Comfort Ciclo Pedonale	Comfort per Stalli Parcheggio
DISTANZIALI MAGGIORATI	OTTIMA	BUONA	SUFFICIENTE	OTTIMO
DRENOPAV	OTTIMA	BUONA	OTTIMO	OTTIMO
GRIGLIATI ERBOSI IN CLS	OTTIMA	SUFFICIENTE	SCARSO	BUONO
MASSELLI AUTOBLOCCANTI	SCARSA	BUONA	OTTIMO	OTTIMO
ASFALTO	ASSENTE	SCARSA	BUONO	BUONO
GRIGLIATI IN PVC	OTTIMA	BUONA	SCARSO	SCARSO

TABELLA COMPARATIVE DELLE PAVIMENTAZIONI IN RELAZIONE ALLA
RESISTENZA A CARICHI, USURA E GELO

Tipologia di Pavimento	Resistenza a Carichi Pesanti *	Resistenza all'Usura	Resistenza al Gelo	Manutenzione
DISTANZIALI MAGGIORATI	OTTIMA	OTTIMA	OTTIMA	MINIMA
DRENOPAV	BUONA	OTTIMA	BUONA	MEDIA
GRIGLIATI ERBOSI IN CLS	SCARSA	BUONA	OTTIMA	MEDIA
MASSELLI AUTOBLOCCANTI	OTTIMA	OTTIMA	OTTIMA	MINIMA
ASFALTO	BUONA	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	MEDIA
GRIGLIATI IN PVC	SCARSA	SCARSA	SCARSA	FREQUENTE

* Carichi superiori a 35 q.li

MENO INQUINAMENTO

8.1

Nel corso degli anni, varie ricerche scientifiche, in particolare condotte negli Stati Uniti (ma anche in Germania, Olanda e Belgio), hanno testato pavimentazioni drenanti e filtranti in opera per verificare, oltre alla permeabilità delle superfici, l'eventuale riduzione degli inquinanti che filtrano negli strati inferiori del terreno^{NOTA1}. Tali ricerche si sono rese necessarie a causa della grande diffusione in questi paesi delle pavimentazioni modulari in cls drenanti e filtranti anche in ambito stradale.

Tab. 3.5 Inquinanti comuni e rischi connessi

Inquinante	provenienza	Effetti se in quantità eccessiva
Oli	Motori delle auto	Privazione dell'ossigeno nelle acque
Nutrienti organici	Rifiuti organici, spazzatura	Proliferazione di alghe e diminuzione dell'ossigeno nelle acque
Particolati	scarichi dei mezzi; rifiuti organici, terreno	Turbidità delle acque, riduzione della crescita delle piante acquatiche; vettore di metalli pesanti inglobati
Metalli pesanti	Corrosione dei componenti delle vetture, scarichi dei mezzi, sali antigelo	Malattie degli organismi; riduzione capacità riproduttiva.
Cloro	Sali antigelo	Riduzione delle capacità riproduttive degli organismi acquatici
Batteri	Animali, zone di trattamento rifiuti	Rischio di Malattie

Fonte: Aspetti progettuali e ambientali delle pavimentazioni ad elementi - Matteo Pizzoli - Cesare Sangiorgi-Dipartimento di Ingegneria civile, ambientale e dei materiali-UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

I ricercatori hanno dimostrato che gli strati superiori della pavimentazione (elementi in cls, sabbia di allettamento, geotessuto) avevano un effetto di 'filtraggio' delle acque le quali, a seguito del passaggio attraverso di essi, ne risultavano in gran parte purificate. *"...eccezionali prestazioni di trattamento della qualità dell'acqua per il petrolio idrocarburi, zinco e solidi sospesi totali con quasi tutti i valori al di sotto dei limiti"*

Un'ulteriore ricerca francese ha verificato una diminuzione dei livelli di solfiti, cadmio, zinco, piombo. Tale riduzione è dovuta all'azione filtrante, operata non tanto dal calcestruzzo (il quale, avendo un assorbimento d'acqua inferiore al 6%, satura rapidamente terminando la sua iniziale azione filtrante) quanto dalle sabbie/ghiaie di sigillatura e allettamento e dai geotessili.

^{NOTA1} Occorre specificare che, nel caso di superfici impermeabili (asfalto, cls o altro), non tutta l'acqua viene raccolta dai sistemi fognari ed eventualmente depurata (vd sistemi di recupero acque di prima pioggia), perché a causa dei metodi costruttivi, spesso le acque da tali superfici vengono in parte convogliate verso corsi d'acqua superficiali o aree verdi.

Inoltre, come noto, i sistemi di recupero acque di prima pioggia vanno in sovraccarico in caso di forti precipitazioni, in questi casi buona parte degli inquinanti non vengono indirizzati ai sistemi di trattamento acque.

Per questi motivi la scelta di pavimentazioni drenanti può essere sempre considerata una scelta migliorativa rispetto alle soluzioni tradizionale anche dal punto di vista del trattamento degli inquinanti.

FILTRAGGIO INQUINANTI

8.2 FILTRAGGIO DEGLI INQUINANTI SUPERFICIALI E PROTEZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA

La figura 3.7 mostra il rapporto tra gli inquinanti misurati nell'acqua del deflusso superficiale con quelli dell'acqua proveniente dalle tubazioni di drenaggio. A seguito della filtrazione gli inquinanti in oggetto risultano mediamente ridotti fino al 36% di quelli sulla superficie e risultano le particelle più fini della parte superficiale.

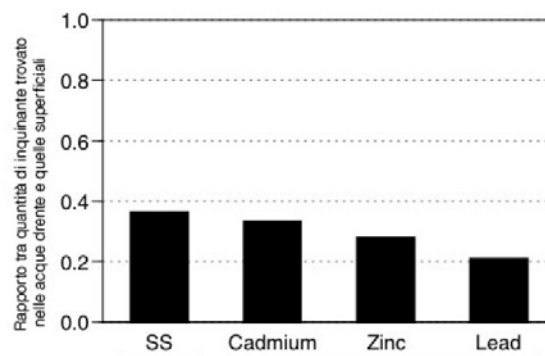


Fig. 3.7 percentuale di inquinante residuo nelle acque trattate da pavimentazione drenante



**MANTENIMENTO
FALDA ACQUIFERA**



**VIRTUALE ASSENZA
DI POZZANGHERE**



**BENESSERE
AMBIENTALE**



**MIGLIORE GESTIONE
ACQUE METEORICHE**

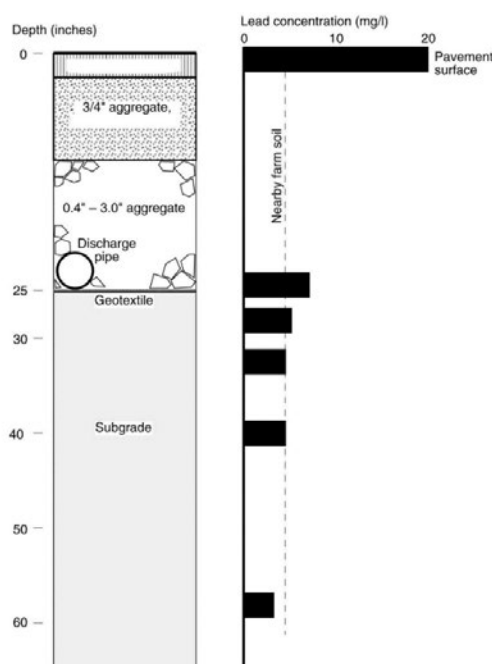


Fig. 3.8 quantità di piombo trovata alle varie profondità

I metalli adsorbiti vanno dal 21 al 31 % degli iniziali. Per determinare dove gli inquinanti si siano fermati dopo il filtraggio e dopo qualche anno di funzionamento della pavimentazione, i ricercatori hanno proceduto a un campionamento di materiale superficiale attraverso il trattamento delle superfici con spazzatrici aspiranti e dalla base e dalla fondazione attraverso il recupero del materiale. L'analisi è stata effettuata in tutte le particelle minori di 2 mm, il risultato per il piombo è stato considerato rappresentativo di tutti i metalli studiati, esso principalmente si accumula con le particelle sulla superficie e alla base dello strato di base (Fig. 3.8).

Come si nota, solo una piccola quantità penetra nel suolo, presentando valori che sono risultati solo leggermente superiori a quelli naturali presenti in zona.

8.3 CAPACITÀ FILTRANTE DEGLI INQUINANTI DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Anche i primi strati del terreno sotto lo strato di fondazione possono contribuire alla filtrazione degli inquinanti prima che essi si disperdano nelle falde acquifere. La CEC (cation exchange capacity) indica la capacità del terreno nella rimozione di agenti inquinanti dall'acqua. La CEC dei terreni può andare da 2.0 meq (milliequivalenti per 100 grammi di terreno) della sabbia ai 20 mq per alcune argille (Brandy 1974). La CEC va moltiplicata per lo spessore del suolo che si desidera interessare alla collaborazione nella rimozione degli agenti. Generalmente per un terreno normale sono sufficienti alcuni cm per la ritenzione di molti tipi di inquinanti come olii inquinanti e nutrienti.

FONTI

- Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure (Ryan J. Winston; Kristi Arend; Jay D. Dorsey; William F. Hunt- 2020)
- Water Quality with Storage in Permeable Pavement Basecourse (Baden Myers, Simon Beecham, J. van Leeuwen- 2011)
- Winter Effluent Quality from Partial-Infiltration Permeable Pavement Systems (Jennifer Drake; Andrea Bradford; Tim Van Setters-2014)
- Field Survey of Permeable Pavement Surface Infiltration Rates. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Bean, Eban & Hunt, William & Bidelsbach, David-2007).
- Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure, Ryan J. Winston; Kristi Arend; Jay D. Dorsey; William F. Hunt 2020

