

Dimensionamento geocomposito drenante

Capping discarica CIVETA (CH)

Sommario

1.	IL DLGS 121/2020	3
2.	DIMENSIONAMENTO DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE	5
2.1.	CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE	5
2.1.1.	Pressione applicata al geocomposito	5
2.1.2.	Comportamento a compressione del geocomposito	6
2.1.3.	Calcolo della portata ammissibile	7
3.	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AMMISSIBILE DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE	12
3.1.	CRITERI DI ACCETTAZIONE	12
4.	DIMENSIONAMENTO GEOCOMPOSITO DRENANTE	13
4.1.	SEZIONI DI PROGETTO	13
4.2.	SCELTA DEL GEOCOMPOSITO	14
4.	CALCOLO EQUIVALENZA STRATO ACQUE METEORICHE	15
I.	SEZIONE PIANORO – gradiente 0.05	15
	Equivalenza minerale	15
	Equivalenza rispetto pioggia di progetto	16
II.	SEZIONE SCAPRATA – gradiente 0.358	16
	Equivalenza minerale	16
	Equivalenza rispetto pioggia di progetto	17
5.	DIMENSIONAMENTO STRATO BIOGAS	17
III.	SEZIONE PIANORO – gradiente 0.05	17
	Equivalenza minerale	17
6.	IMPATTO AMBIENTALE	19
7.	CONCLUSIONI	20
8.	ALLEGATI	21
9.	BIBLIOGRAFIA	21

rev00 26.07.2021

Nota:

La presente relazione non costituisce elaborato valido ai fini progettuale dell'opera.

L'utilizzo della stessa rimane responsabilità del tecnico Progettista e della Committenza dell'opera.

Officine Maccaferri non è responsabile dei disegni e dei calcoli trasmessi al Cliente sulla base dei dati forniti dal medesimo, né è responsabile del progetto e delle verifiche sui luoghi che dovessero successivamente realizzarsi senza specifico incarico.

Il presente elaborato è stato realizzato sulla base dei prodotti di Officine Maccaferri ai soli fini dell'elaborazione dell'offerta. Pertanto, Officine Maccaferri non è responsabile in caso di un uso dell'elaborato con prodotti diversi da quelli di Officine Maccaferri o, comunque, non controllato da parte di Officine Maccaferri stessa.

1. IL DLGS 121/2020

La normativa di riferimento per i capping delle discariche presenti sul territorio nazionale è il DLGS 121 emesso il 3 settembre 2020.

All'interno del documento si fa riferimento, nel paragrafo 2.4.3 – Copertura finale per discariche di rifiuti Non Pericolosi e Pericolosi

La copertura sarà realizzata mediante una struttura multistrato costituita, dall'alto verso il basso, almeno dai seguenti strati:

1. strato superficiale di copertura con spessore maggiore o uguale a 1 m che favorisca lo sviluppo delle specie vegetali di copertura ai fini del piano di ripristino ambientale e fornisca una protezione adeguata contro l'erosione e di proteggere le barriere sottostanti dalle escursioni termiche;
2. strato drenante di materiale granulare con spessore $s \geq 0,5$ m di idonea trasmissività e permeabilità ($K > 10^{-5}$ m/s). Tale strato può essere sostituito da un geocomposito di drenaggio di caratteristiche prestazionali equivalenti, ovvero in grado di drenare nel suo piano la portata meteorica di progetto, valutata con un tempo di ritorno pari ad almeno 30 anni. In ogni caso lo strato drenante va protetto con un idoneo filtro naturale o di geotessile per prevenire eventuali intasamenti connessi al trascinamento del materiale fine dello strato superficiale di copertura;
3. strato minerale compattato dello spessore $s \geq 0,5$ m e di conducibilità idraulica $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s integrato da un rivestimento impermeabile superficiale. Le modalità costruttive e il valore della permeabilità dello strato minerale compattato possono essere determinate mediante campo prova in situ. Lo strato minerale compattato integrato dal geosintetico di impermeabilizzazione dovrà essere protetto con un opportuno strato costituito da idoneo materiale naturale o artificiale, per evitare il danneggiamento connesso agli agenti atmosferici ed ai carichi agenti durante la fase costruttiva. Lo strato minerale compattato di spessore inferiore può essere completato con materiali geosintetici di impermeabilizzazione, garantendo che nell'insieme la prestazione in termini di tempo di attraversamento della barriera sia equivalente. Particolari soluzioni progettuali nella realizzazione dello strato minerale compattato delle parti con pendenza superiore a 30°, che garantiscano comunque una protezione equivalente, potranno eccezionalmente essere adottate e realizzate anche con spessori inferiori a 0,5 m, a condizione che vengano approvate dall'ente territoriale competente;
4. strato di drenaggio del gas e di rottura capillare, con spessore maggiore o uguale a 0,5 m di idonea trasmissività e permeabilità al gas in grado di drenare nel suo piano la portata di gas prodotta dai rifiuti. In ogni caso lo strato drenante va protetto con un idoneo materiale naturale o sintetico.
5. strato di regolarizzazione con la funzione di permettere la corretta messa in opera degli strati sovrastanti.

In ogni caso dovranno essere garantite le verifiche di stabilità della copertura in condizioni statiche e sismiche in corrispondenza di tutte le possibili superfici di scorrimento che comprendano tutte le interfacce dei materiali utilizzati in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti. A tal fine il pacchetto prima descritto può essere completato con idonei con geosintetici di rinforzo.

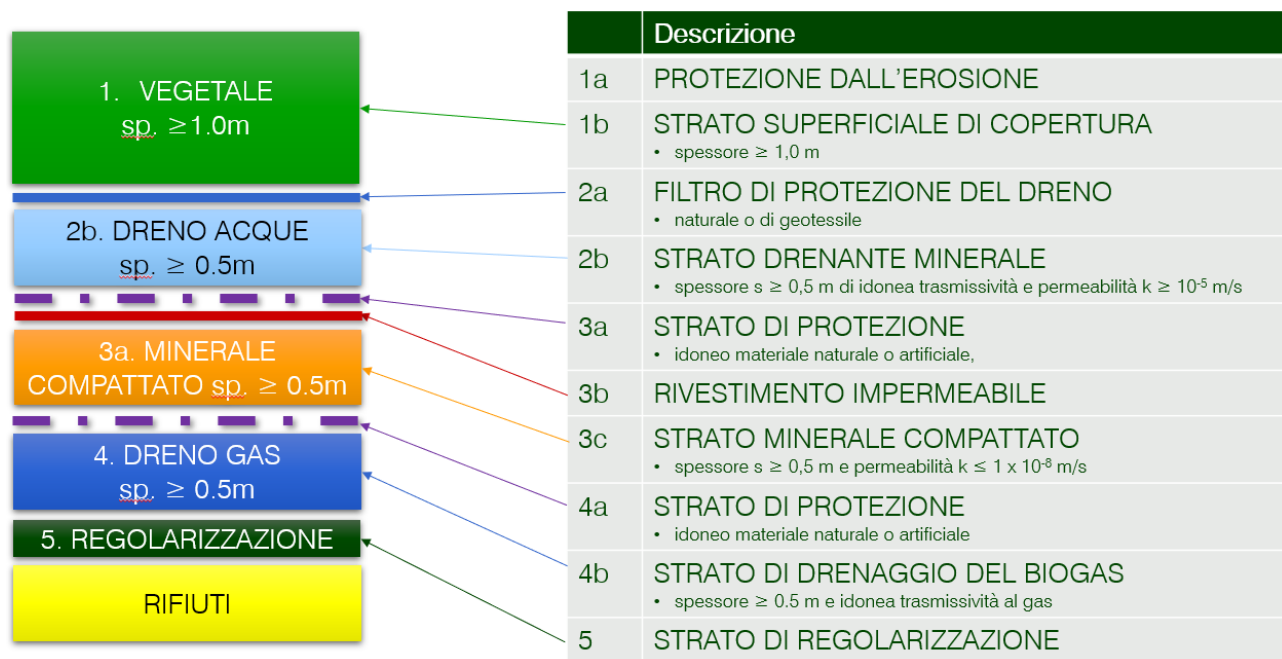


FIGURA 1: Pacchetto di chiusura secondo Dlgs 121.2020

Risulta evidente che applicando strettamente il DLGS 121 lo strato 2b può essere dimensionato adeguatamente, come di seguito indicato. Tale dimensionamento può essere esteso per analogia anche allo strato 4b sempre seguendo lo stesso tipo ragionamento.

Ulteriori valutazioni saranno oggetto di relazioni apposite.

2. DIMENSIONAMENTO DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE

2.1. CALCOLO DELLA PORTATA AMMISSIBILE

La portata in ingresso nello strato di materiale granulare viene calcolata in accordo alla *Legge di Darcy*:

$$q_h^* = Q_{Darcy} \frac{E}{L}$$

dove:

- Q_{Darcy} = portata nello strato granulare;
- E = fattore di equivalenza;
- L = lunghezza dello strato drenante.

La velocità del flusso all'interno di un geocomposito è proporzionale al gradiente idraulico che è definito come segue:

$$i = \delta h / L$$

dove:

- δh = perdita di carico idraulico lungo la distanza L nel geocomposito [m];
- L = distanza tra 2 punti lungo la direzione del flusso nel geocomposito [m].

Quando il geocomposito è posto su un piano quasi orizzontale, è possibile approssimare i come segue:

$$i = \tan \alpha = V/H$$

La portata di un geocomposito può essere espressa in termini di:

- trasmissività = portata per unità di larghezza del geocomposito e per unità di gradiente idraulico

$$\theta = (q / B) / i$$
- portata unitaria = portata per unità di larghezza del geocomposito, per uno specifico gradiente idraulico

$$Q = q / B$$

dove:

- θ = trasmissività del geocomposito [l/s/m o m³/s/m];
- B = larghezza del campione di geocomposito [m];
- q = portata misurata per un campione di geocomposito di larghezza B [l/s o m³/s];
- Q = portata unitaria per unità di larghezza del geocomposito [l/s/m o m³/s/m].

A livello internazionale viene utilizzata solo la portata unitaria Q , che viene misurata con un sistema simile a quello sviluppato da Darcy per i suoi studi.

2.1.1. Pressione applicata al geocomposito

La valutazione della pressione applicata al geocomposito è fondamentale nella progettazione di un geocomposito.

La pressione applicata dipende dalla posizione del geocomposito e dalle caratteristiche dei materiali a contatto con esso.

Per un geocomposito posto su una superficie piana o inclinata, la pressione applicata è data dal peso del terreno sovrastante e da eventuali sovraccarichi sulla superficie del terreno:

$$p = \gamma H + q$$

dove:

- γ = peso specifico del terreno [kN/m^3];
- H = spessore del terreno sul geocomposito [m];
- q = sovraccarico distribuito sulla superficie del terreno [kPa].

2.1.2. Comportamento a compressione del geocomposito

In funzione del tipo di anima drenante, tutti i geocompositi saranno tipicamente soggetti a compressione a breve termine e a creep dovuto a compressione, dovuti a carichi e pressioni. In generale, un aumento del carico porterà ad una riduzione, graduale o istantanea, dello spessore dell'anima drenante.

È possibile definire due tipi di comportamento a compressione dell'anima drenante:

- anima comprimibile, senza nessun punto di collasso definito;
- anima collassabile, con punti di collasso ben definiti.

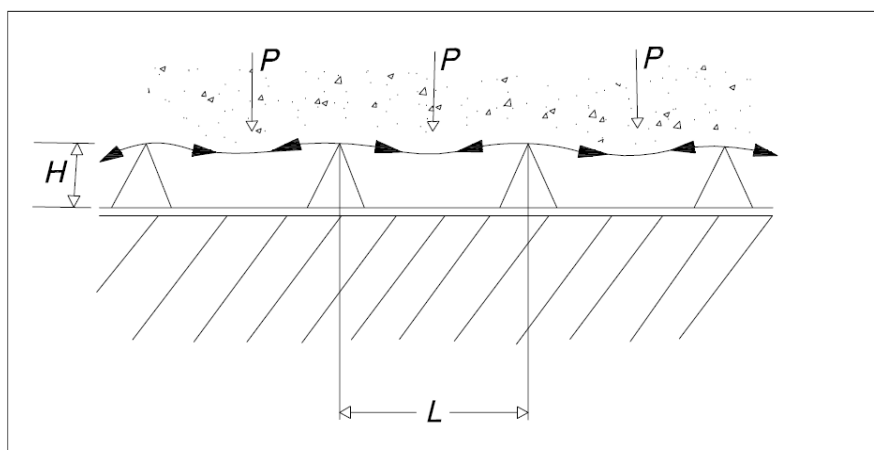


Fig. 1 Diminuzione dell'area della sezione trasversale del geocomposito drenante a contatto con il terreno

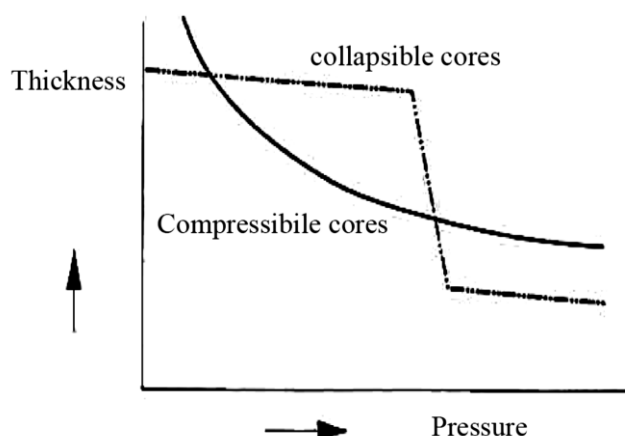


Fig. 2 Effetti della pressione sullo spessore dell'anima drenante del geocomposito

La capacità drenante del geocomposito è direttamente proporzionale allo spessore dell'anima drenante, quindi il valore di riferimento della portata dovrebbe essere determinato solo quando i carichi applicati e il geocomposito raggiungono l'equilibrio e lo spessore e la capacità drenante non si riducono ulteriormente. I dreni comprimibili raggiungono questo equilibrio in poche ore, mentre per i dreni collassabili l'equilibrio è più difficile da determinare.

Si fa notare che tutti i geocompositi MacDrain® hanno anime drenanti comprimibili, quindi la rottura dovuta al collasso dell'anima drenante non avverrà mai.

2.1.3. Calcolo della portata ammissibile

La portata ammissibile per uno specifico geocomposito dipende dai seguenti fattori:

- tipo e caratteristiche dell'anima drenante;
- tipo e caratteristiche dei geotessili e processo di accoppiamento all'anima drenante;
- caratteristiche e materiali a contatto con le due facce del geocomposito;
- pressione applicata;
- vita utile;
- gradiente idraulico per la portata all'interno del geocomposito.

La portata in piano del geocomposito drenante viene misurata tramite il test standard della EN ISO 12958.

Il laboratorio Maccaferri, oltre a test fatti da laboratori esterni qualificati, ha eseguito una serie completa di test su tutti i geocompositi MacDrain®. I risultati di questi test sono riportati nei Data Sheet dei geocompositi MacDrain®.

I risultati dei test vengono generalmente riassunti in grafici dove si mette in relazione la portata unitaria Q [$l/m/s$] e la pressione uniforme applicata al geocomposito p [kPa].

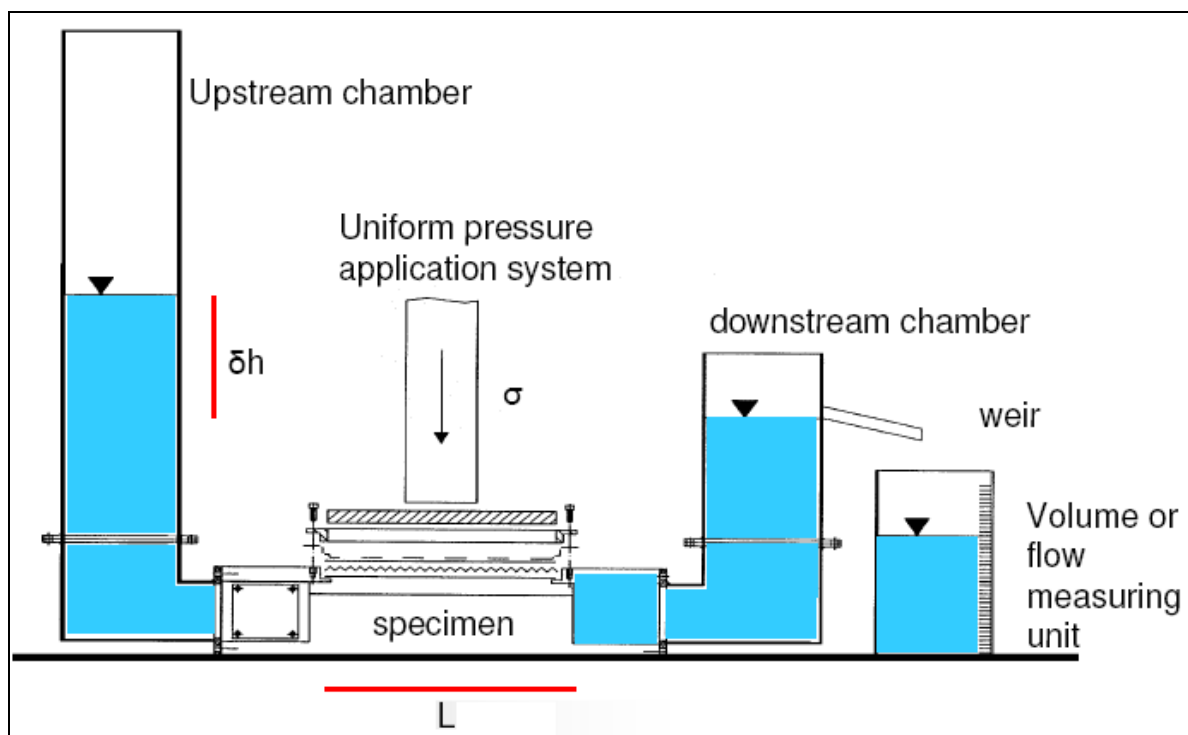


Fig. 3 Schema dell'apparechiatura utilizzata per misurare la portata che passa attraverso il geocomposito drenante, secondo la EN ISO 12958:2010.



Fig. 4 L'apparechiatura del laboratorio Maccaferri.

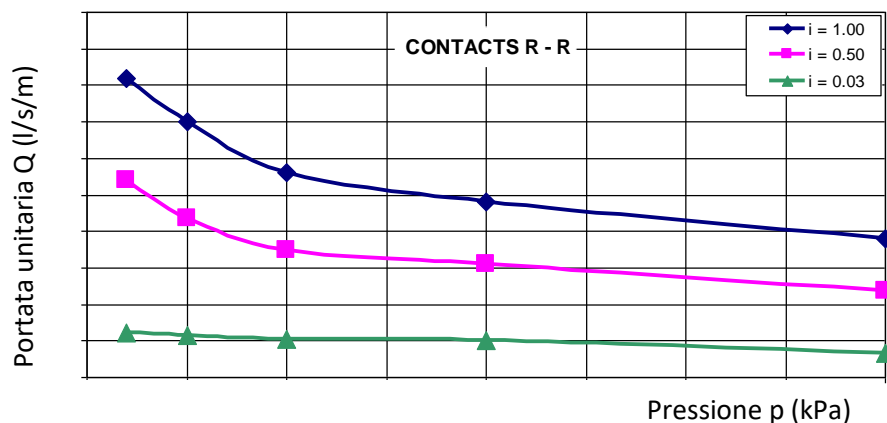


Fig. 5 Diagramma tipo dei risultati del test.

Se si deve valutare una portata unitaria per un gradiente i_2 diverso dal gradiente i_1 utilizzato nei test, è possibile calcolarla con la seguente formula (Rimoldi, 1989):

$$Q_{i2} = Q_{i1} \cdot \sqrt{\frac{i_2}{i_1}} \quad (1)$$

dove:

- Q_{i1} = portata unitaria per il gradiente i_1 , ottenuta dai test [l/s/m or m²/s];
- Q_{i2} = portata unitaria per il gradiente i_2 specifico [l/s/m or m²/s];
- i_1 = gradiente idraulico utilizzato nei test;
- i_2 = gradiente idraulico per cui si vuole calcolare la portata.

Inoltre, i test vengono eseguiti con acqua ad una temperatura pari a 20°C.

È possibile calcolare una portata unitaria per un'altra temperatura o viscosità con la seguente equazione:

$$Q_T = Q_{20} \cdot \left(\frac{\eta_{20}}{\eta_T} \right) = Q_{20} \cdot CT \quad (2)$$

dove:

- Q_{20} , Q_T = portata unitaria a 20°C e T °C;
- η_{20} , η_T = viscosità dell'acqua a 20°C e T °C;
- CT = fattore di correzione per temperatura e viscosità.

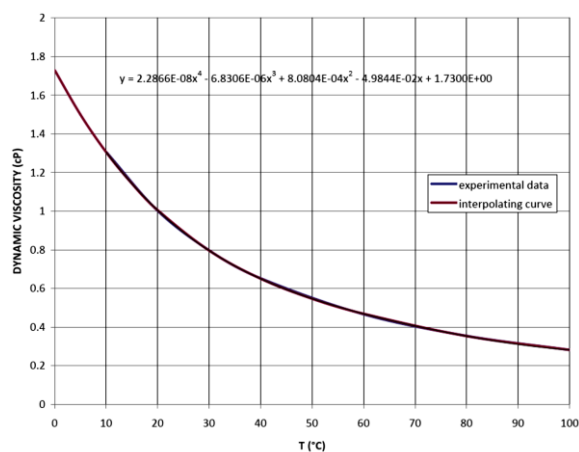


Fig. 6 Viscosità dinamica dell'acqua vs temperatura

Table 1 Viscosità dinamica per diversi liquidi

Liquid	Dynamic viscosity		Cinematic viscosity	
	cP = 10^{-3} Pa·s	Notes	10^{-6} m ² /s	Notes
acetic acid 15 ° C	1,310	15°C		
acetic acid 100 ° C	0,430	100°C		
ethyl alcohol 20 ° C	1,200	20°C	1,525	20°C
methyl alcohol 20 ° C	0,597	20°C	0,740	20°C
nitric acid 0 ° C	2,275	15°C		
nitric acid 10 ° C	1,770	100°C		
sulfuric acid 20 ° C	25,400	20°C		
water -8 ° C	2,408	-8°C		
water -4 ° C	2,068	-4°C		
water 0 ° C	1,787	0°C		
water 4 ° C	1,567	4°C		
water 8 ° C	1,386	8°C		
water 12 ° C	1,235	12°C		
water 16 ° C	1,109	16°C		
water 20 ° C	1,001	20°C	834,167	20°C
water 28 ° C	0,833	28°C		
water 32 ° C	0,765	32°C		
water 40 ° C	0,653	40°C		
water 48 ° C	0,566	48°C		
water 52 ° C	0,529	52°C		
water 60 ° C	0,467	60°C		
water 80 ° C	0,355	80°C		
water 90 ° C	0,315	90°C		
water 100 ° C	0,282	100°C		
liquid air at -192.3 ° C	0,172	-192°C		
air at 18 ° C	0,018	18°C		
air at 40 ° C	0,019	40°C		
air at 810 ° C	0,044	810°C		

glycerine (10 % in aqueous solution)			1,263	20°C
glycerine (20 % in aqueous solution)			1,661	20°C
glycerin (100 % in aqueous solution)	1,490	20°C	1398,100	20°C
liquid mercury -20 ° C	1,855	20°C		
liquid mercury 0 ° C	1,685	20°C		
liquid mercury 20 ° C	1,554	20°C	104,271	20°C
liquid mercury 100 ° C	1,240	100°C		
liquid mercury 200 ° C	1,052	200°C		
liquid mercury 340 ° C	0,921	340°C		
mercury vapor at 273 ° C	0,012	273°C		
methane at -181.6 ° C	0,049	-181,6°C		
lubricating oil (Castor)	2420,000	20°C		
engine oil S.A.E. 5 W	1250,000	-18°C	3,800	100°C
engine oil S.A.E. 10 W (minimum)	1250,000	-18°C	4,100	100°C
engine oil S.A.E. 10 W (maximum)	2500,000	-18°C		
engine oil S.A.E. 15 W (minimum)	2500,000	-18°C	4,100	100°C
engine oil S.A.E. 15 W (maximum)	5000,000	-18°C		

Dalla tabella è evidente come la temperatura del liquido che deve essere drenato, influisca sulla portata ammissibile nel geocomposito, quindi la temperatura di progetto deve essere stimata attentamente. Le situazioni più comuni:

- acqua drenata dal terreno circostante: la temperatura dell'acqua può essere assunta uguale alla temperatura annuale del luogo considerato (come stima grossolana: paesi nordici $T = 10-15^{\circ}\text{C}$, in paesi con climi moderati $T = 20^{\circ}\text{C}$, in paese con climi caldi equatoriali $T = 25-30^{\circ}\text{C}$);
- percolato di discarica: la temperatura in discarica può raggiungere $50-60^{\circ}\text{C}$ durante la fermentazione dei rifiuti.

In questo caso, trattandosi di un capping superficiale consideriamo $T = 20^{\circ}\text{C}$.

3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AMMISSIBILE DI UN GEOCOMPOSITO DRENANTE

Per tutte le applicazioni, la portata ammissibile del geocomposito nel tempo di progetto Q_a è ottenuta applicando dei Fattori di Riduzione (Cancelli & Rimoldi, 1989; Koerner, 1994):

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{Q_L * Fl_r}{RF_{in} \cdot RF_{cr} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc}} =$$

dove:

- RF_{in} = Fattore di riduzione dovuta all'introflessione del geotessile nell'anima drenante a causa del carico applicato
- RF_{cr} = Fattore di riduzione dovuto al creep (deformazione a carico costante);
- RF_{cc} = Fattore di riduzione dovuto all'occlusione dell'anima drenante da fattori chimici
- RF_{bc} = Fattore di riduzione dovuto all'occlusione dell'anima drenante da fattori biologici
- Fl_r = Fattori di riduzione empirici legati alle diverse configurazioni di test dei materiali (test R/R – R/S – S/S)

Table 5 - Indicative range of values for the different RFs

Term	Description	Indicative range
RF_{in}	Reduction Factor for intrusion of the filter geotextiles into the draining core	1,0 – 2,0
RF_{cr-Q}	Reduction Factor for flow rate due to compressive creep of the core	1,0 – 6,0
RF_{cc}	Reduction Factor for pore/volume reduction due to chemical clogging	1,0 – 1,5
RF_{bc}	Reduction Factor for pore/volume reduction due to biological clogging (not including applications in landfills)	1,0 – 1,3
RF_L	Reduction Factor for overall uncertainties on laboratory data and field conditions	1,0 – 1,5
ΠRF	Product of all Reduction Factors for the site-specific conditions	1,0 – 35,1

Figura 2: tabella dei coefficienti riduttivi secondo in accordo ISO TR 18228-4 *Design using geosynthetics — Part 4: Drainage* (in pubblicazione)

3.1. CRITERI DI ACCETTAZIONE

Trovata la portata in ingresso Q_{Design} , la portata ammissibile Q_a deve essere calcolata per uno o più geocompositi:

I

Il fattore di sicurezza finale FS_G è dato da:

$$FS_G = Q_a / Q_D$$

. Se $FS_G \geq 1.5$ allora il geocomposito è verificato

4. DIMENSIONAMENTO GEOCOMPOSITO DRENANTE

4.1. SEZIONI DI PROGETTO

In condizioni di progetto il geocomposito si trova confinato da un carico di circa 20 kPa paragonabile a quello generato da a 1 m di terreno con densità di circa 1.7 t/m³.

Al carico costante applicato in fase di esercizio si vuole aggiungere e considerare anche, al momento della posa degli strati di copertura, la sollecitazione dovuta ai mezzi d'opera dell'ordine di 50 kPa.

Si assume che il deflusso delle acque avvenga lungo le linee di massima pendenza delle sezioni

Vengono dimensionate le seguenti geometrie delle scarpate della sezione più significativa la numero 11 ovvero la parte in pianoro e la parte in scarpata.

Pendenza di progetto

- Pianoro: assunto un gradiente $i = 0.05$ (5%) -3 gradi
 - Scarpata 11: assunto un gradiente $i = 0.358$ (35.8%) -21 gradi
- 2) Lunghezza inclinata tratto di deflusso del dreno:
- Tratto in piano: 50 m
 - Tratto in piano: 65 m
- I dati di pioggia sono stati forniti dal committente e sono riferiti ad un T ritorno di 20 anni

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
43.62	0.34	1.00	$h(t) = 43,6 t^{0.345}$

Figura 5 Risultati della curva di possibilità pluviometrica (Runoff Lab)

- Si assume, al fine di raggiungere un Tempo di ritorno di pioggia di 30 anni in linea con quanto citato all'articolo 2.4.3 del D.lgs 121/2020, una pioggia di progetto di 55 mm ovvero il 25% in più di quella ventennale
- Portata in ingresso al dreno per un tempo di 1 h,
- Coefficiente di Infiltrazione 0.4

4.2. SCELTA DEL GEOCOMPOSITO

Utilizzando il foglio di calcolo MacFlow, che implementa la teoria sopra descritta e contiene il database dei geocompositi drenanti Maccaferri, è possibile identificare il prodotto più adatto a drenare la portata richiesta nelle condizioni di progetto.

Condizioni al contorno:

1. Gradiente: variabile
2. Contatto: R/S tipico dell'applicazione del drenante tra una membrana ed uno terreno. Eventuali contatti in condizioni diverse possono essere a fattore di sicurezza (S/S) o di insicurezza (R/R). Si assume come da CSA, di applicare un coefficiente correttivo di 0,6 per le portate stimate in condizione R/R (non cautelative)
3. Carico assunto a fattore di sicurezza pari a 50 kPa.

I coefficienti riduttivi scelti per il progetto di drenaggio delle scarpate sono di seguito riportati

- $RF_{in} = 1,10$.
- $RF_{cr} = 1,04$: valore ricavato dal DDS (DDS- Compressive Creep MD W1081-1101 allegato alla presente relazione) valido per il carico di 50 kPa e Tempo di progetto 50 anni
- $RF_{cc} = 1,10$ assunto sulla base delle prassi ingegneristiche;
- $RF_{bc} = 1,10$ assunto sulla base delle prassi ingegneristiche.
- FI_r = Fattori di riduzione empirici legati alle diverse configurazioni di test dei materiali. Per passare da test R/R a R/S si assume 0.6

I fattori di riduzione assunti per il calcolo del presente elaborato, sono assunti sulla base delle prassi ingegneristiche, e delle normative attualmente in vigore.

Il parametro indice della riduzione di spessore dovuto a effetti viscosi dei materiali è invece normato in accordo alla ISO 25619-1:2008, *Geosynthetics - Determination of Compressive behavior - Part 1: Compressive Creep Properties*

Il prodotto deve quindi possedere la certificazione emessa da enti certificati terzi, in accordo a tale norma, con durata del test di almeno 10.000 h. La certificazione in accordo alla norma ISO 25619 permette di avere dati sperimentali più accurati rispetto a quelli ricavabili con prove accelerate sui materiali secondo ASTM D7361-07.

Tali dati sono reperibili nel DDS- Compressive Creep MD W1081-1101.

La prova tiene conto di una riduzione dovuta al fenomeno di creep applicato in condizioni di scarpata. In tale configurazione prevarranno sia gli effetti di confinamento normale al piano sia quelli di sforzo di taglio (shear stress) tipici dell'applicazione in scarpata.

I fattori viscosi possono influire sensibilmente sulle prestazioni idrauliche nel tempo di un geocomposito drenante, ed in assenza di prove specifiche si considera un fattore di riduzione mediamente tra 3 e 4 per i soli effetti di creep (figura 1).

La scelta di un prodotto certificato permette di ridurre l'alea di tale prestazione ottimizzando il design del gcd di progetto.

Al fine di inserire un ulteriore fattore di sicurezza della verifica i parametri di creep sono assunti in presenza di un carico di confinamento di 50 kPa sicuramente più gravoso delle condizioni di esercizio. Il tempo del fattore di creep RF_{cr} è pari a 50 anni

4. CALCOLO EQUIVALENZA STRATO ACQUE METEORICHE

Lo strato di drenaggio delle acque in accordo al DLGs 36/2003 e successivo 121/2020 è caratterizzato da spessore $\geq 0,5$ m ed è costituito da materiale drenante (ghiaia).

Nella presente proposta alternativa è previsto l'utilizzo di un geocomposito drenante delle medesime caratteristiche dello STRATO DRENANTE MINERALE di spessore $s \geq 0,5$ m di idonea trasmissività e permeabilità $k \geq 10^{-5}$ m/s.

Il calcolo sarà ora svolto verificando prima l'equivalenza con uno strato minerale, ed in secondo verificando che il geocomposito possa smaltire la Q di progetto generata dalla pioggia

L'equivalenza del materiale proposto con lo strato richiesto dalla normativa come per il caso precedente (equivalenza geocomposito drenante con strato drenante superficiale), è stata verificata confrontando la portata all'interno dei due materiali.

La conducibilità idraulica ai liquidi (acqua) è assunta per questo progetto pari a 1×10^{-3} m/s valore medio di un terreno naturale, sapendo che uno strato drenante di tale tipo ha solitamente una permeabilità variabile tra di 5×10^{-2} m/s, e 5×10^{-4}

I. SEZIONE PIANORO – gradiente 0.05

Equivalenza minerale

Utilizzando uno strato di ghiaia delle seguenti caratteristiche:

- spessore: $s = 0.5$ m (spessore);
- angolo di inclinazione della scarpata rispetto al piano orizzontale 5%

Applicando la legge di Darcy si ottiene una portata idraulica specifica (ai liquidi) pari a:

$$q_{ghiaia} = k_{ghiaia} * s * i = 1 * 10^{-3} * 0.5 * 0.05 = 0.005 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m} = 0.025 \text{ l/m/s}$$

Tale valore va confrontato con la Q_a del Geocomposito drenante di progetto nelle stesse condizioni di esercizio contatto R/S, pressione di confinamento 50 kPa, gradiente $i = 0.05$.

Per poter confrontare i valori ottenuti con Darcy è opportuno applicare il coefficiente correttivo di Giroud in questo caso pari 1.374.

$$Q_{ghiaia \text{ corretta}} = Q_{ghiaia} * 1.374 = 0.034 \text{ l/m/s}$$

Si assume ora la Portata a breve termine del geocomposito drenante nelle condizioni di progetto.

Poiché la scheda commerciale non riporta il gradiente richiesto (0.05) si utilizza l'equazione di Rimoldi (1) partendo dalla portata nota più prossima pari a 0.55 l/m/s @50 kPa, a gradiente 0.03 e contatto R/S

$$Q_L = 0,71 \text{ l/m/s.}$$

Si calcola quindi la portata ammissibile a lungo termine sul geocomposito drenante:

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{0.71}{1.10 \cdot 1.04 \cdot 1.10 \cdot 1.10} =$$

$$Q_a = 0,51 \text{ l/m/s}$$

Il rapporto prestazionale fra stato modificato e stato autorizzato è pari a:

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{ghiaia}} = \frac{0,51}{0,034} = 14.90 \geq 1.50 - \text{Verificato}$$

Equivalenza rispetto pioggia di progetto

Risulta interessante verificare a questo punto la capacità drenante del dreno rispetto alla pioggia di progetto assunta pari a 55 mm/h.

Il software Macflow restituisce tale valore che deve essere confrontato con Q_a appena calcolato:

$Q_{toe} = 0.306$ l/m/s per una lunghezza di deflusso di 65 m

Tale valore è confrontabile con la Q_a del dreno di progetto

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{toe}} = \frac{0,51}{0,306} = 1.65 \geq 1.50 - \text{Verificato}$$

II. SEZIONE SCAPRATA – gradiente 0.358

Equivalenza minerale

Utilizzando uno strato di ghiaia delle seguenti caratteristiche:

- spessore: $s = 0.5$ m (spessore);
- angolo di inclinazione della scarpata rispetto al piano orizzontale 35.8%

Applicando la legge di Darcy si ottiene una portata idraulica specifica (ai liquidi) pari a:

$$q_{ghiaia} = k_{ghiaia} * s * i = 1 * 10^{-3} * 0.5 * 0.358 = 0.177 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m} = 0.179 \text{ l/m/s}$$

Tale valore va confrontato con la Q_a del Geocomposito drenante di progetto nelle stesse condizioni di esercizio contatto R/S, pressione di confinamento 50 kPa, gradiente $i = 0.358$.

Per poter confrontare i valori ottenuti con Darcy è opportuno applicare il coefficiente correttivo di Giroud in questo caso pari 1.071.

$$Q_{ghiaia \text{ corretta}} = Q_{ghiaia} * 1.071 = 0.192 \text{ l/m/s}$$

Si assume ora la Portata a breve termine del geocomposito drenante nelle condizioni di progetto.

Poiché la scheda commerciale non riporta il gradiente richiesto (0.358) si utilizza l'equazione di Rimoldi (1) partendo dalla portata nota più prossima pari a 0.90 l/m/s @50 kPa, a gradiente 0.1 e contatto R/S

$$Q_L = 1.70 \text{ l/m/s.}$$

Si calcola quindi la portata ammissibile a lungo termine sul geocomposito drenante:

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{1.70}{1.10 \cdot 1.04 \cdot 1.10 \cdot 1.10} =$$

$$Q_a = 1.23 \text{ l/m/s}$$

Il rapporto prestazionale fra stato modificato e stato autorizzato è pari a:

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{ghiaia}} = \frac{1.23}{0.192} = 6.40 \geq 1.50 - \text{Verificato}$$

Equivalenza rispetto pioggia di progetto

Risulta interessante verificare a questo punto la capacità drenante del dreno rispetto alla pioggia di progetto assunta pari a 55 mm/h.

Il software Macflow restituisce tale valore che deve essere confrontato con Q_a appena calcolato:

$Q_{toe} = 0.397$ l/m/s per una lunghezza di deflusso di 65 m

Tale valore è confrontabile con la Q_a del dreno di progetto

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{toe}} = \frac{0.51}{0.397} = 3.00 \geq 1.50 - \text{Verificato}$$

5. DIMENSIONAMENTO STRATO BIOGAS

Lo strato di drenaggio del gas e di rottura capillare in accordo al DLGs 36/2003 e successivo 121/2020 è caratterizzato da spessore $\geq 0,5$ m ed è costituito da materiale drenante (ghiaia).

Nella presente proposta alternativa è previsto l'utilizzo di un geocomposito drenante delle medesime caratteristiche di quello previsto per lo strato drenante superficiale per la raccolta delle acque meteoriche.

L'equivalenza del materiale proposto con lo strato richiesto dalla normativa come per il caso precedente (equivalenza geocomposito drenante con strato drenante superficiale), è stata verificata confrontando la portata all'interno dei due materiali.

La conducibilità idraulica ai gas è misurabile sperimentalmente e risulta all'incirca 1/10 di quella ai liquidi (acqua); avendo ipotizzato per lo strato di ghiaia una permeabilità ai liquidi pari a $1 \cdot 10^{-3}$ m/s, la conseguente conducibilità ai gas è dell'ordine di $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Le seguenti verifiche sono condotte nelle condizioni di equivalenza più gravose in quanto calcolate con un k superiore (liquidi), ed avendo dati omogenei e confrontabili con quelli dei geocompositi drenanti in commercio.

III. SEZIONE PIANORO – gradiente 0.05

Equivalenza minerale

Utilizzando uno strato di ghiaia delle seguenti caratteristiche:

- spessore: $s = 0.5$ m (spessore);
- angolo di inclinazione della scarpata rispetto al piano orizzontale 5%

Applicando la legge di Darcy si ottiene una portata idraulica specifica (ai liquidi) pari a:

$$q_{ghiaia} = k_{ghiaia} \cdot s \cdot i = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5 \cdot 0.05 = 0.005 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m} = 0.025 \text{ l/m/s}$$

Tale valore va confrontato con la Q_a del Geocomposito drenante di progetto nelle stesse condizioni di esercizio contatto R/S, pressione di confinamento 50 kPa, gradiente $i = 0.05$.

Per poter confrontare i valori ottenuti con Darcy è opportuno applicare il coefficiente correttivo di Giroud in questo caso pari 1.374.

$$Q_{ghiaia\ corretta} = Q_{ghiaia} * 1.374 = 0.034 \text{ l/m/s}$$

Si assume ora la Portata a breve termine del geocomposito drenante nelle condizioni di progetto.

Poiché la scheda commerciale non riporta il gradiente richiesto (0.05) si utilizza l'equazione di Rimoldi (1) partendo dalla portata nota più prossima pari a 0.55 l/m/s @50 kPa, a gradiente 0.03 e contatto R/S

$$Q_L = 0,71 \text{ l/m/s.}$$

Si calcola quindi la portata ammissibile a lungo termine sul geocomposito drenante:

$$Q_a = \frac{Q_L}{FS} = \frac{0.71}{1.10 \cdot 1.04 \cdot 1.10 \cdot 1.10} =$$

$$Q_a = 0,51 \text{ l/m/s}$$

Il rapporto prestazionale fra stato modificato e stato autorizzato è pari a:

$$FS = \frac{Q_a}{Q_{ghiaia}} = \frac{0,51}{0,034} = 14.90 \geq 1.50 - \textit{Verificato}$$

6. IMPATTO AMBIENTALE

La scelta di utilizzare geocompositi all'interno di un progetto nasce da diversi fattori, sia tecnici sia ambientali.

Dal punto di vista prettamente tecnico, il materiale sintetico viene prodotto in uno stabilimento controllato in cui sono implementati tutti i controlli previsti dai processi legati alla marcatura CE dei materiali da costruzione. Tale condizione garantisce prestazioni costanti nell'arco delle diverse produzioni, permettendo una ragionevole qualità del prodotto finito.

Al contrario, l'utilizzo di materiali naturali prevede una maggior attenzione alle modalità operative di messa in opera (si pensi alla permeabilità attesa di uno strato di argilla), nonché sovente problematiche di stabilità del pacchetto installato. A ciò va aggiunta anche la maggior difficoltà nel determinare gli esatti spessori dei materiali installati su superfici molto ampie.

In secondo luogo, è importante ricordare come in termini di consumo del territorio e delle risorse naturali l'utilizzo di geosintetici garantisca:

1. Minor numero di mezzi d'opera in cantiere;
2. Minor consumo di risorse naturali, talvolta poste in zone lontane dal sito di realizzazione

A titolo esemplificativo si calcola l'impatto di uno strato di materiale inerte tipo ghiaia, che viene installata su due strati. (100 cm)

Assumendo la massima portata di un automezzo pari a 30 ton, e la densità del materiale da cava per gli strati del biogas ed idraulici pari a 1600 kg/m³, è possibile stimare in circa 18-20 m³ la massima capacità di carico di un autotreno.

Dovendo ipotizzare di installare due strati da 50 cm (per acque meteoriche e biogas) rif 2.4.3 Dlgs 121/2020, ogni autotreno trasporta circa 20 m² di superficie utile.

Al confronto, stimando in circa 5500 m² la capacità di carico di un GCD sintetico, è facile intuire come il rapporto sia nettamente favorevole in termini di autotreni di materiale sintetico.

A maggior conforto di ciò, e volendo pensare agli impatti ambientali dei vari materiali, si propone di scegliere materiali caratterizzati da idonea certificazione ambientale EPD in accordo a ISO 14025 and EN 15804.

La scelta di fornitori certificati garantisce una maggiore trasparenza ambientale e la possibilità di fare paragoni in termini, ad esempio, di emissione di CO₂ equivalente tra la soluzione tradizionale e quella sintetica.

Ad oggi un kg di Macdrain W viene associato all'emissione di meno di 2.33 kg/CO₂. (GWP Global Warming Potential – ricavato fco stabilimento di produzione)

Ricercando valori di confronto, risulta <https://www.epditaly.it/wp-content/uploads/2020/03/2020.05.07-Dichiarazione-EPD-Rev.-02-IT.pdf>; che un materiale inerte come la ghiaia abbia un GWP assimilabile e pari a **2.67 kg/CO₂**

Considerando che queste due prestazioni sono paragonabili, ancorché peggiorative per l'inerte naturale, rimane la componente trasporto al sito di installazione.

Essendoci un fattore di circa 300 volte sfavorevole al materiale naturale in termini di trasporti necessari al completamento delle consegne, si può definire che il materiale sintetico abbia tutti i vantaggi e le logiche di utilizzo.

7. CONCLUSIONI

Si ritiene che il confronto prestazionale GCD/ghiaia giustifichi la sostituzione dello strato drenante in ghiaia con un geocomposito drenante di prestazioni uguali o superiori a quelle ipotizzate. Tale confronto, infatti, mostra che il GCD ha capacità drenante superiore a quella dello strato di materiale naturale (ghiaia).

Il geocomposito drenante di progetto Macdrain W1101 risulta idoneo alle applicazioni di progetto sia per la captazione del biogas che per la raccolta delle acque meteoriche.

L'equivalenza è stata condotta in accordo a DLGS 121 -.

strato drenante di materiale granulare con spessore $s \geq 0,5$ m di idonea trasmissività e permeabilità ($K > 10^{-5}$ m/s).

*Tale strato può essere sostituito da un geocomposito di drenaggio di caratteristiche prestazionali equivalenti, ovvero in grado di drenare nel suo piano la portata meteorica di progetto, valutata con un **tempo di ritorno pari ad almeno 30 anni**. In ogni caso lo strato drenante va protetto con un idoneo filtro naturale o di geotessile per prevenire eventuali intasamenti connessi al trascinamento del materiale fine dello strato superficiale di copertura;*

Al termine del tratto di deflusso ammissibile delle acque meteoriche deve essere previsto un sistema di captazione tipo pannello drenante e/o tubo drenante di raccolta.

I coefficienti riduttivi applicati per la determinazione delle Q di progetto sono ricavati da prove sperimentali sui materiali prodotti da Officine Maccaferri, l'utilizzo di prodotti certificati prestazionalmente nel tempo è suggerito all'interno di progetti di rilevanza ambientale/geotecnica come quelli in discarica.

In assenza di tali valori risulta necessario fare riferimento a coefficienti cautelativi come da figura 1.

Risulta inoltre importante l'equivalenza di bilancio ambientale che permette di asserire, numeri alla mano, che un GCD risulti molto meno impattante di uno strato di inerte naturale. Rif Certificazione EPD - ISO 14025 and EN 15804

8. ALLEGATI

- TDS Macdrain W1101
- DDS- Compressive Creep MD W1081-1101
- Report Macflow sezione 11

9. BIBLIOGRAFIA

- Barber E.S. and Sawyer C.L. (1952) 'Highway Subdrainage', Proceedings Highway Research Board, 31.
- Calhoun C. (1972) 'Development of Design Criteria and Acceptance Specifications for Plastic Filter Cloths', US Army Waterway Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Cancelli, A., Rimoldi, P.(1989) "Design Criteria for Geosynthetic Drainage system in Waste Disposal". 2nd International Landfill symposium. Sardina '89
- Giroud J.P (1982), 'Filter Criteria for Geotextiles', Proceedings Second International Conference on Geotextiles, Las Vegas, Vol. 1 pp 103-108.
- Giroud, J.P., Zhao, A., and Bonaparte, R. (2000), "The Myth of Hydraulic Transmissivity Equivalency Between Geosynthetic and Granular Liquid Collection Layers", Geosynthetics International, Special Issue on Liquid Collection Systems, Vol. 7, Nos. 4-6, pp. 381-401.
- Giroud, J.P., Zhao, A., and Richardson, G. N. (2000) 'Effect of thickness Reduction on Geosynthetic Hydraulic Transmissivity', Geosynthetics International vol.7.
- GRI – GC8 Standard (2001), Standard Guide for Determination of the Allowable Flow Rate of a Drainage Geocomposite, Geosynthetic Research Institute, PA.
- Hooghoudt, S.B. (1940), 'General consideration of the problem of field drainage by parallel drains, ditches, watercourses, and channels'. Publ. No.7 in the series Contribution to the knowledge of some physical parameters of the soil (titles translated from Dutch). Bodemkundig Instituut, Groningen, The Netherlands
- Koerner, Robert M. (1998), 'Designing with Geosynthetics' (4th Edition), Prentice Hall, USA
- Lawson C.R. (1982), 'Geotextile Requirements for Erosion Control Structures', Proceedings Symposium on Recent Developments in Ground Improvement Techniques, Asian Institute of Technology, Thailand, pp 177-192
- Lawson C.R. (1986), 'Geotextile Filter Criteria For Tropical Residual Soils', Proceedings Third International Conference on Geotextiles, Vienna, Vol. 2, pp 557-562.
- Mansur C.E. and Kaufman R.E. (1962), 'Dewatering', in 'Foundation Engineering' , Edited by G.A. Leonards, McGraw-Hill.
- McClelland B. (1943), 'Large Scale Model Studies of Highway Subdrainage', Proceedings Highway Research Board, 23
- McKeand E. (1977), 'The Behaviour of Non Woven Fabric Filters in Subdrainage Applications', Proceedings International Conference on the Use of Fabrics in Geotechnics, Paris, Vol. 2, pp 171-176.
- Ogink H.J.M. (1975), 'Investigations on the Hydraulic Characteristics of Synthetic Fabrics', Delft Hydraulics Laboratory, Publication No. 146.
- Schober W. and Teindl H. (1979), 'Filter - Criteria for Geotextiles'. Proceedings Seventh European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton, Vol. 2, pp 121-129.

- Van Beers J.C (1979), 'Some Nomographs for the calculation of drain spacings'. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI.

MACDRAIN® W 1101

GEOCOMPOSITO DRENANTE

Geocomposito per drenaggio planare ottenuto da accoppiamento per termosaldatura continua di anima drenante in monofilamenti polimerici estrusi (GMA), sagomata secondo un profilo a "W" a canali paralleli, a due strati in geotessile (GTX) avente funzione di separazione, filtrazione e protezione.

MacDrain®			W 1101
Geocomposito (GCO)			
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	9.8 (+/- 10%)
Spessore a 20 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	-
Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	1180 (+/- 10%)
Resistenza trazione - MD ^(2,4)	EN ISO 10319	kN/m	21.0 (- 5.0)
Capacità drenante nel piano- MD ^(1,2,4,5)	EN ISO 12958	l/m/s	Vedere tabella sotto (+/- 25%)

		Proprietà a breve termine			Dopo 20 anni ⁽⁵⁾ Dopo 100anni ⁽⁵⁾	
		Gradiente =	0.03	0.1	1.0	1.0
Contatto morbido/morbido ⁽⁴⁾	20 kPa	-	-	4.16 ⁽²⁾	-	-
	20 kPa	0.62	1.00	4.36	-	-
	100 kPa	0.51	0.84	3.42	3.15	3.11
	200 kPa	0.46	0.72	2.98	2.57	2.51

Filtri esterni (GTX-N)

Struttura: Geotessile nontessuto

Materia prima: poliolefina stabilizzata UV

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	125 (+/- 10%)
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	0.73 (+/- 33%)
Resistenza a trazione - MD & CMD ^(1,4)	EN ISO 10319	kN/m	9.25 (- 1.7)
Resistenza a punzonamento statico ^(1,4)	EN ISO 12236	N	1600 (- 21%)
Resistenza a punzonamento dinamico ^(1,4)	EN ISO 13433	mm	26 (+ 6)
Flusso perpendicolare al piano ^(1,4)	EN ISO 11058	l/m ² /s	110 (+/- 30)
Apertura caratteristica O ₉₀ ^(1,4)	EN ISO 12956	µm	100 (+/- 45)

Anima Drenante (GMA)

Struttura: geostuoia tridimensionale con struttura a canali longitudinali paralleli composta da monofilamenti estrusi aggrovigliati

Materia prima: polipropilene, stabilizzato UV con carbon black

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	940 (+/- 4%)
-------------------------------	-------------	------------------	--------------

Proprietà di durabilità, ambientali e di sostenibilità

In terreno naturale con 4<ph<9 e temperatura del terreno <25°C per una vita d'esercizio minima di ⁽²⁾: 25anni, 50anni (tipo II), 100anni (tipo I)

Contenuto di SVHC ⁽⁶⁾	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1
Riscaldamento Globale (GWP _{100yrs}) ⁽⁶⁾		kg CO ₂ -Eq.	≤ 2.75E+00
Eutrofizzazione (EP) ⁽⁶⁾		kg Phosphate-Eq.	≤ 6.19E-04
Acidificazione (AP) ⁽⁶⁾		kg SO ₂ -Eq.	≤ 5.61E-03



- (1) valore informativo non riportato in DoP;
 (2) valore certificato riportato in DoP;
 (3) valore nominale; se non indicato, si ammette una tolleranza standard del 10%;
 (4) il valore caratteristico corrisponde al valore medio al netto della tolleranza e corrisponde al MARV al 95% del limite di confidenza
 (5) le proprietà a lungo termine riportate sono calcolate sulla base di test di creep a lungo termine eseguiti con carichi da 50 a 500 kPa utilizzando sia dei test di creep denominati Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS), sia dei test di creep isotermico convenzionale eseguiti a temperatura ambiente secondo ASTM D7361-07:2012 e ISO 25619-1:2008;
 (6) valori calcolati per metro quadrato di prodotto con riferimento ai valori riportati nel certificato EPD S-P-01470 rilasciato in conformità a EN15804+A1 e ISO14125 a Maccaferri con riferimento alla famiglia di prodotti MacDrain con validità fino al dicembre 2023.

A seconda dei requisiti di progetto, è possibile realizzare lunghezze e larghezze variabili in accordo col piano di produzione e la disponibilità dei macchinari; si prega di verificare le condizioni di stoccaggio con il reparto logistica. Prodotti speciali possono essere realizzati su richiesta per progetti specifici.

MD : direzione longitudinale
 CMD : direzione trasversale



Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy 10, 40069 Zola Predosa (BO) - Italy
 T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201
 E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato da Bureau Veritas con accreditamento ACCREDIA e UKAS

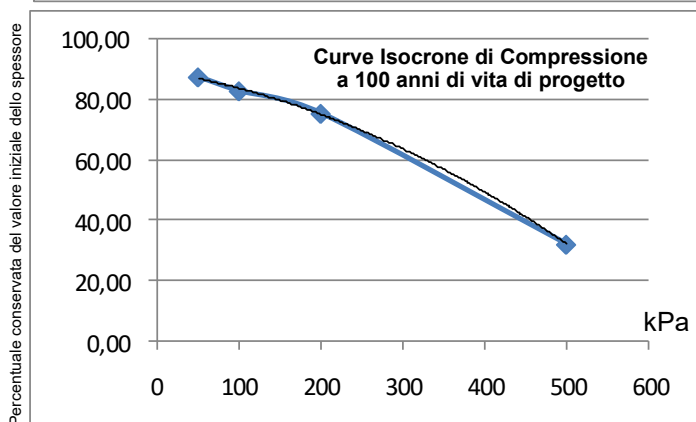
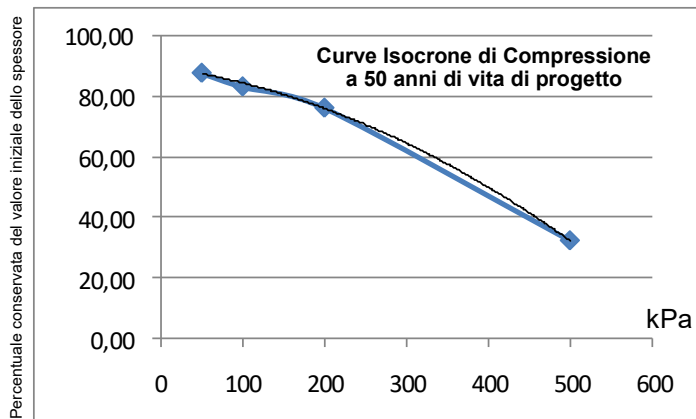
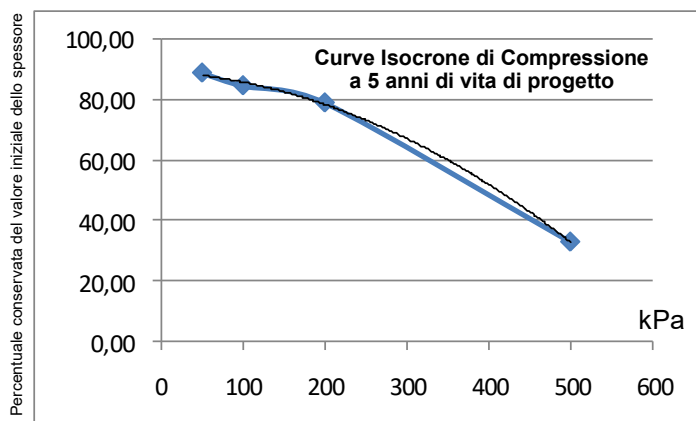
MACDRAIN W 1081-1091-1101®

GEOCOMPOSITI DRENANTI

Prestazioni di Creep per compressione del MacDrain® W (1081-1091-1101)

I geocompositi MacDrain® sono realizzati con polimeri sintetici, quindi il comportamento a creep per compressione può influire significativamente sulle loro prestazioni di drenaggio a lungo termine a causa della variazione di spessore a carichi costanti. Le informazioni riportate in questo DDS si basano su test eseguiti con carichi di compressione di 50, 100, 200 e 500 kPa utilizzando sia i test di creep per compressione "Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS)" sia i test convenzionali di creep per compressione isoterma eseguiti a temperatura ambiente. Il metodo di test utilizzato è l'ASTM D7361-07 (2012), *Accelerated Compressive Creep of Geosynthetic Materials Based on Time-Temperature Superposition Using the Stepped Isothermal Method* e ISO 25619-1:2008, *Geosynthetics - Determination of Compressive behavior - Part 1: Compressive Creep Properties*.

Curve Isocrone di Creep per Compressione come variazione dello spessore del nucleo (come percentuale dello spessore iniziale) in base a diversi valori della vita di progetto al variare del carico



Per tutte le applicazioni, la capacità drenante disponibile dei geocompositi deve essere ottenuta applicando una serie di fattori di riduzione che tengano conto di tutti i fenomeni che possono ridurla durante l'intera vita di progetto rispetto alla capacità drenante a breve termine misurata nella EN ISO 12958:2010 o nei test ASTM D4716-08 (2013) secondo i criteri stabiliti nella ASTM D7931-18, "Standard Guide for Specifying Drainage Composite" e nella ISO TR18228, "Designing with geosynthetics - Part4: Drainage":

$$Q_a = \frac{Q_L \cdot F_{lr}}{RF_{in} \cdot RF_{cr-Q} \cdot RF_{cc} \cdot RF_{bc}}$$

- Q_a = capacità drenante a lungo termine del geocomposito;
- Q_L = capacità drenante a breve termine ottenuta da test di laboratorio;
- RF_{in} = Fattore di riduzione per l'intrusione dei geotessili nell'anima drenante;
- RF_{cr-Q} = Fattore di riduzione per creep a compressione del geocomposito;
- RF_{cc} = Fattore di riduzione per intasamento chimico del nucleo drenante;
- RF_{bc} = Fattore di riduzione per intasamento biologico del nucleo drenante;
- F_{lr} = Fattore empirico da applicare quando i risultati dei test per Q_L sono disponibili per condizioni di contatto diverse dalle condizioni di progetto

RF_{cr-Q}	50 kPa 1,040 psf	100 kPa 2,090 psf	200 kPa 4,170 psf	500 kPa 10,440 psf
1 anno	1,011	1,061	1,118	1,771
5 anni	1,016	1,071	1,136	1,894
10 anni	1,021	1,080	1,153	1,956
20 anni	1,026	1,085	1,161	2,026
50 anni	1,031	1,090	1,170	2,148
≥ 100 anni	1,036	1,099	1,185	2,242

RF_{in}	i valori possono variare in base al tipo di geotessile utilizzato, al carico applicato e ai contatti nelle condizioni di prova (R/R, R/S, S/S)			1.0 - 1.5
RF_{cc}	sono suggeriti valori più alti per acqua con alto contenuto di materiali intasanti			1.0 - 1.3
RF_{bc}	sono suggeriti valori più alti per percolato, liquami, fluidi biologici			1.0 - 1.3

F_{lr} per tutti i MacDrain	Contatti usati durante i test di portata		
Contatti nelle condizioni di progetto	Rigido / Rigido	Rigido / Soffice	Soffice / Soffice
Rigido / Rigido	1.0	1.5 - 2.5	2.0 - 4.0
Rigido / Soffice	0.5 - 0.7	1.0	1.2 - 2.0
Soffice / Soffice	0.3 - 0.5	0.4 - 0.6	1.0

Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza e di analisi di laboratorio ma non costituiscono una garanzia prestazionale minima dei materiali. In ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy, 10 - 40069 Zola Predosa (BO) Italy

Tel. (+39) 051-6436000 - Fax (+39) 051-6436201

E-mail: info@it.maccaferri.com - Web site: www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato
da Bureau Veritas con accreditamento Accredia e Ukas

Client: /

pag. 1 of 2

● Project Information

Title: Discarica Civeta

Description: Calcolo Scarpata 11

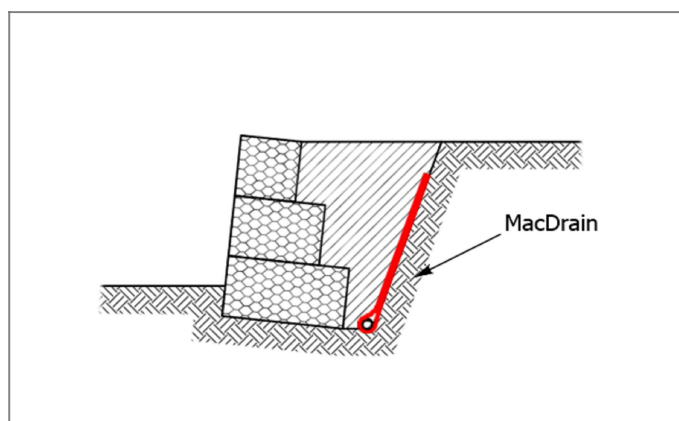
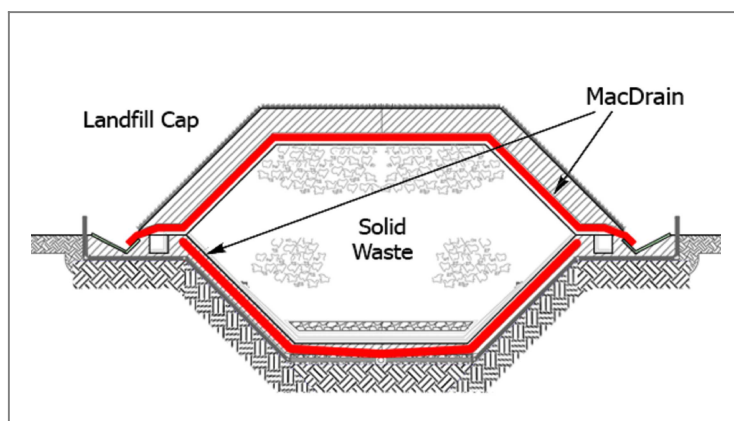
Number:

Client:

Designer:

● Equivalent Slope Drainage with MacDrain

MacDrain® drains fluids underground from one place to another. Geotextiles attached to the drainage core on one or both side stop the materials or soils being drained clogging the drainage core or collection pipes. They are designed to replace traditional drainage materials such as gravels and sands. Left in place, water within a structure or the ground can weaken it, affecting the performance of the structure.



● Input

Geometry

Permeability [m/s]	0.001
Prescribed minimum thickness [m]	0.5
Slope angle of drainage layer [deg]	21
MacDrain length along slope [m]	70
Horizontal length of slope [m]	65.35

MacDrain application

Type	Civil engineering applications
Contact type	R/S (Rigid/Soft)

R/S (Rigid / Soft):

One contact surface is rigid and the other one is soft.

Examples:

1. MacDrain between a concrete wall and landfill soil.
2. MacDrain between a geomembrane and a soil layer.

Soil / Material on MacDrain

Saturated unit weight [kN/m ³]	20
Thickness [m]	1
Coefficient of infiltration ($f \leq 1.0$)	0.4
Distributed surcharge [kN/m ²]	30

Water or liquid to be drained

Water temperature [°C]	20
Given dynamic viscosity of liquid [$cP = 10E-3 Pa.s$]	1.001

Rain

Parameter a [mm/hour-n]	55
Exponent	0.42
Duration of critical rain [hours]	1
Given rain height in 1 hour [mm]	0

Safety Factor

Gtx Intrusion	1.1
Compressive creep	1.05
Chemical clogging	1.1
Biological clogging	1.1

● Results

Design Calculation

Reference water temperature [°C]	20.00
Reference dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.01
Design dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.00
Correction for liquid temperature and viscosity	1.00
Maximum pressure on MacDrain [kPa]	50.00
Hydraulic gradient	0.358
Rain height for design duration [mm]	55.00
Rain intensity for design duration [mm/h]	55.00
Input flow per m2 [l/s/m]	0.006
Input flow at the toe [l/s/m]	0.397

Design Calculation

Factor j	0.932
Mineral layer thickness needed to carry the flow at the toe [m]	0.935
Equivalency factor for Tmax (Giroud et Al, 2000)	1.113
Calculation of equivalent input flow in MacDrain for the give mineral layer thickness of [m]	0.500
Flow rate in the mineral layer (Darcy) [l/s/m]	0.179
Flow rate of liquid supply in the mineral layer [l/s/m²]	0.003
Factor j for qh* (Giroud et Al, 2000)	0.952
Equivalency factor for tprescribed (Giroud et Al, 2000)	1.071

Design Input Flow in MacDrain

Design input flow rate for MacDrain [l/s/m]	0.192
---	-------

● Project Information

Title: Discarica Civeta

Description: Capping Civeta - pianoro

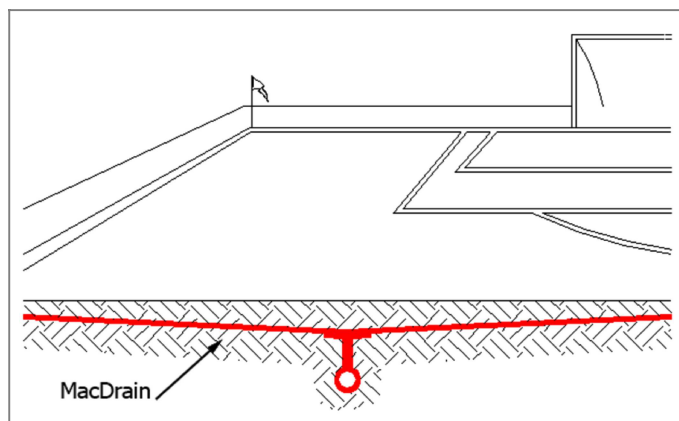
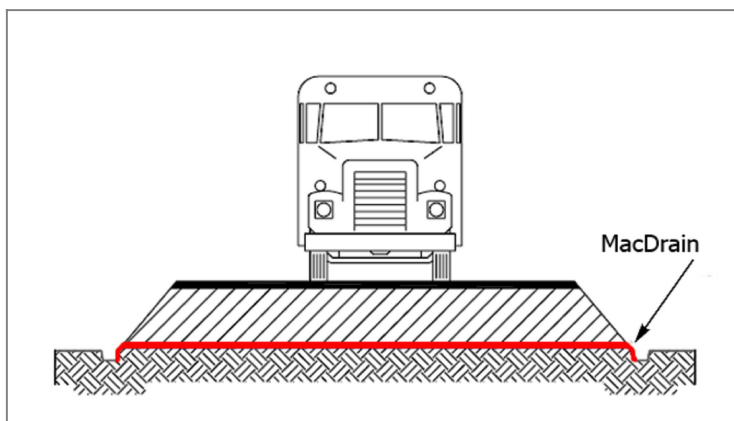
Number:

Client:

Designer:

● Equivalent Horizontal Drainage with MacDrain

MacDrain® drains fluids underground from one place to another. Geotextiles attached to the drainage core on one or both side stop the materials or soils being drained clogging the drainage core or collection pipes. They are designed to replace traditional drainage materials such as gravels and sands. Left in place, water within a structure or the ground can weaken it, affecting the performance of the structure.



● Input

Drainage Mineral Layer

Permeability [m/s]	0.001
Prescribed minimum thickness [m]	0.5
Slope of drainage layer (V / H <= 10 [%])	5
Slope angle of drainage layer [deg]	2.86
Horizontal length of slope [m]	50

MacDrain application

Type	Civil engineering applications
Contact type	R/S (Rigid/Soft)

R/S (Rigid / Soft):

One contact surface is rigid and the other one is soft.

Examples:

1. MacDrain between a concrete wall and landfill soil.
2. MacDrain between a geomembrane and a soil layer.

Soil / Material on MacDrain

Saturated unit weight [kN/m ³]	20
Thickness [m]	1
Coefficient of infiltration [f <= 1.0]	0.4
Distributed surcharge [kN/m ²]	

Water or liquid to be drained

Water temperature [°C]	20
Given dynamic viscosity of liquid [cP = 10E-3 Pa.s]	1.001

Rain

Parameter a [mm/hour-n]	55
Exponent	0.52
Duration of critical rain [hours]	1
Given input flow per m ² [mm]	0

Safety Factor

Gtx intrusion	1.1
Compressive creep	1.04
Chemical clogging	1.1
Biological clogging	1.1

● Results

Design Calculation

Reference water temperature [°C]	20.00
Reference dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.01
Design dynamic viscosity [cP = 10E-3 Pa.s]	1.00
Correction for liquid temperature and viscosity	1.00
Maximum pressure on MacDrain [kPa]	50.00
Hydraulic gradient	0.050
Rain height for design duration [mm]	55.00
Rain intensity for design duration [mm/h]	55.00
Input flow per m2 [l/s/m]	0.006
Input flow at the toe [l/s/m]	0.306

Design Calculation

Factor j	0.895
Mineral layer thickness needed to carry the flow at the toe [m]	2.556
Equivalency factor for Tmax (Giroud et Al, 2000)	2.391
Calculation of equivalent input flow in MacDrain for the give mineral layer thickness of [m]	0.500
Flow rate in the mineral layer (Darcy) [l/s/m]	0.025
Flow rate of liquid supply in the mineral layer [l/s/m²]	0.000
Factor j for qh* (Giroud et Al, 2000)	0.891
Equivalency factor for tprescribed (Giroud et Al, 2000)	1.374

Design Input Flow in MacDrain

Design input flow rate for MacDrain [l/s/m]	0.034
---	-------

MACDRAIN® W 1101

GEOCOMPOSITO DRENANTE

Geocomposito per drenaggio planare ottenuto da accoppiamento per termosaldatura continua di anima drenante in monofilamenti polimerici estrusi (GMA), sagomata secondo un profilo a "W" a canali paralleli, a due strati in geotessile (GTX) avente funzione di separazione, filtrazione e protezione.

MacDrain®			W 1101
Geocomposito (GCO)			
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	9.8 (+/- 10%)
Spessore a 20 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	-
Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	1180 (+/- 10%)
Resistenza trazione - MD ^(2,4)	EN ISO 10319	kN/m	21.0 (- 5.0)
Capacità drenante nel piano- MD ^(1,2,4,5)	EN ISO 12958	l/m/s	Vedere tabella sotto (+/- 25%)

		Proprietà a breve termine			Dopo 20 anni ⁽⁵⁾ Dopo 100anni ⁽⁵⁾	
		Gradiente =	0.03	0.1	1.0	1.0
Contatto morbido/morbido ⁽⁴⁾	20 kPa	-	-	4.16 ⁽²⁾	-	-
	20 kPa	0.62	1.00	4.36	-	-
	100 kPa	0.51	0.84	3.42	3.15	3.11
	200 kPa	0.46	0.72	2.98	2.57	2.51

Filtri esterni (GTX-N)

Struttura: Geotessile nontessuto

Materia prima: poliolefina stabilizzata UV

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	125 (+/- 10%)
Spessore a 2 kPa ^(1,3)	EN ISO 9863-1	mm	0.73 (+/- 33%)
Resistenza a trazione - MD & CMD ^(1,4)	EN ISO 10319	kN/m	9.25 (- 1.7)
Resistenza a punzonamento statico ^(1,4)	EN ISO 12236	N	1600 (- 21%)
Resistenza a punzonamento dinamico ^(1,4)	EN ISO 13433	mm	26 (+ 6)
Flusso perpendicolare al piano ^(1,4)	EN ISO 11058	l/m ² /s	110 (+/- 30)
Apertura caratteristica O ₉₀ ^(1,4)	EN ISO 12956	µm	100 (+/- 45)

Anima Drenante (GMA)

Struttura: geostuoia tridimensionale con struttura a canali longitudinali paralleli composta da monofilamenti estrusi aggrovigliati

Materia prima: polipropilene, stabilizzato UV con carbon black

Massa areica ^(1,3)	EN ISO 9864	g/m ²	940 (+/- 4%)
-------------------------------	-------------	------------------	--------------

Proprietà di durabilità, ambientali e di sostenibilità

In terreno naturale con 4<ph<9 e temperatura del terreno <25°C per una vita d'esercizio minima di ⁽²⁾: 25anni, 50anni (tipo II), 100anni (tipo I)

Contenuto di SVHC ⁽⁶⁾	ISO 14025 EN 15804	%	≤ 0.1
Riscaldamento Globale (GWP _{100yrs}) ⁽⁶⁾		kg CO ₂ -Eq.	≤ 2.75E+00
Eutrofizzazione (EP) ⁽⁶⁾		kg Phosphate-Eq.	≤ 6.19E-04
Acidificazione (AP) ⁽⁶⁾		kg SO ₂ -Eq.	≤ 5.61E-03



- (1) valore informativo non riportato in DoP;
 (2) valore certificato riportato in DoP;
 (3) valore nominale; se non indicato, si ammette una tolleranza standard del 10%;
 (4) il valore caratteristico corrisponde al valore medio al netto della tolleranza e corrisponde al MARV al 95% del limite di confidenza
 (5) le proprietà a lungo termine riportate sono calcolate sulla base di test di creep a lungo termine eseguiti con carichi da 50 a 500 kPa utilizzando sia dei test di creep denominati Stepped Isothermal Method (SIM) of time-temperature superposition (TTS), sia dei test di creep isotermico convenzionale eseguiti a temperatura ambiente secondo ASTM D7361-07:2012 e ISO 25619-1:2008;
 (6) valori calcolati per metro quadrato di prodotto con riferimento ai valori riportati nel certificato EPD S-P-01470 rilasciato in conformità a EN15804+A1 e ISO14125 a Maccaferri con riferimento alla famiglia di prodotti MacDrain con validità fino al dicembre 2023.

A seconda dei requisiti di progetto, è possibile realizzare lunghezze e larghezze variabili in accordo col piano di produzione e la disponibilità dei macchinari; si prega di verificare le condizioni di stoccaggio con il reparto logistica. Prodotti speciali possono essere realizzati su richiesta per progetti specifici.

MD : direzione longitudinale
 CMD : direzione trasversale



Il produttore, per il proprio processo di ottimizzazione e miglioramento delle caratteristiche tecniche dei prodotti, si riserva la facoltà di modificare gli standard e le caratteristiche dei prodotti senza alcun preavviso. Tutte le informazioni fornite sono date in buona fede sulla base della nostra esperienza; in ogni modo nessuna responsabilità per un errato utilizzo progettuale delle stesse potrà essere imputata al produttore o ai suoi distributori.

Officine Maccaferri Italia S.r.l.

Via JF Kennedy 10, 40069 Zola Predosa (BO) - Italy
 T: (+39) 051 643 6000 F: (+39) 051 643 6201
 E: info@it.maccaferri.com www.maccaferri.com/it

Azienda con Sistema Qualità Certificato da Bureau Veritas con accreditamento ACCREDIA e UKAS