



MANUALE TECNICO

INTEWA DRAINMAX® Tunnel

DM-T/60 (DIBt)

DM-T-/12



INTEWA



INTEWA DRAINMAX[®] Tunnel

Manuale tecnico

- DM-T- /60 (DIBt)
- DM-T-/12



L'ACQUA È IL NOSTRO ELEMENTO

1	Introduzione	2
1.1	Campo di applicazione	3
2	Descrizione del prodotto	4
2.1	Dati tecnici	6
2.2	Trasporto e montaggio	8
3	Istruzioni per il layout, la pianificazione e l'esecuzione di sistemi di infiltrazione e di ritenuta	9
3.1	Istruzioni per le fasi di progettazione	9
3.2	Istruzioni per il pre-trattamento dell'acqua piovana	10
3.3	Istruzioni per i dispositivi di ispezione e pulizia	11
3.4	Istruzioni per l'installazione dei tubi e la ventilazione dell'impianto	12
4	Istruzioni per l'installazione	15
4.1	Strato di base e strato di regolarizzazione	15
4.2	Riempimento del sistema di tunnel: materiali e modalità	15
4.2.1	Riempimento con terreno granulare	16
4.2.2	Riempimento con ghiaia 16/32 mm	17
4.3	Spessore della copertura e capacità portante del sistema di tunnel.....	18
4.3.1	DRAINMAX Tunnel/60 con certificazione DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik).....	18
4.3.2	DRAINMAX Tunnel/12	18
4.3.3	Calcolo specifico per situazioni particolari	19
4.4	Costruzione in aree di traffico pavimentate (rif. RStO 01)	19
4.5	Capacità portante del sistema durante la posa in opera	20
4.6	Geotessuto filtrante alla base del tunnel	22
4.7	Copertura del tunnel con geotessile filtrante.....	23
5	Fasi della posa in opera	24
6	Service	26
6.1	Ispezione e manutenzione	26
6.2	Referenze	27
7.	Contatti	28

1 Introduzione

L'infiltrazione nel terreno e la ritenzione dell'acqua piovana sono sempre più al centro dell'interesse pubblico negli ultimi anni. Inondazioni, abbassamento del livello delle acque sotterranee, nonché sistemi fognari sovraccarichi e obsoleti in molte regioni hanno portato a una maggiore importanza del sistema locale di gestione dell'acqua. Il tema dell'invarianza idraulica sta entrando prepotentemente nei diversi ambiti di dibattito, normative, pianificazione e realizzazione.

La crescente consapevolezza ambientale dell'**infiltrazione naturale nel terreno** dell'acqua piovana e dei vincoli economici in molti stati ha portato come conseguenza a numerose regolamentazioni per la gestione locale dell'acqua piovana.

- - Ad esempio in Germania NRW (Nordrhein-Westfalen), la legge regionale sull'acqua richiede per i nuovi edifici l'obbligo dell'infiltrazione nel sottosuolo dell'acqua piovana.
- - In diversi paesi e regioni è richiesta l'installazione di sistemi locali di gestione dell'acqua.
- - In moltissimi comuni viene incentivata l'infiltrazione locale dell'acqua piovana, prevedendo specifiche tasse sulle superfici sigillate.

Se non è possibile un'infiltrazione locale di acqua piovana, in diversi casi è necessaria la **ritenzione temporanea** dell'acqua piovana nelle zone di attenuazione. In questo modo si protegge dal sovraccarico il sistema fognario di drenaggio mediante una valvola a farfalla nel collegamento, per cui è sufficiente un sistema fognario di capacità inferiore.

I vantaggi della gestione locale delle acque piovane per i comuni sono:

- riduzione delle spese per la prevenzione delle inondazioni / protezione dalle inondazioni;
- minori costi nella costruzione del sistema fognario, nel risanamento del sistema fognario e nel funzionamento dell'impianto di trattamento delle acque reflue;
- minori costi di sviluppo per nuove aree residenziali;
- salvaguardia della falda acquifera.

In qualità di produttore, INTEWA GmbH ha sviluppato appositamente il sistema di tunnel DRAINMAX® per l'infiltrazione, la ritenzione temporanea e lo stoccaggio dell'acqua piovana. Il sistema di tunnel costruito nel sottosuolo minimizza le spese per la creazione e il funzionamento del sistema di gestione delle acque piovane. Grazie alla sua flessibilità, il sistema di tunnel DRAINMAX® viene utilizzato come soluzione per il drenaggio delle acque piovane dai singoli edifici fino a grandi complessi commerciali.

La presente documentazione serve come base sia per i progettisti che per le imprese di costruzione. La conformità alle seguenti linee guida di installazione permette di realizzare sistemi di massima durata e sicurezza.

La presente documentazione corrisponde allo stato attuale della tecnica, ma non ha pretesa di completezza. Ci riserviamo pertanto il diritto di apportare modifiche tecniche.

1.1 Campo di applicazione

Il sistema di tunnel INTEWA DRAINMAX® è stato progettato appositamente per l'infiltrazione nel sottosuolo, la ritenzione temporanea e lo stoccaggio delle acque piovane. Il sistema può essere utilizzato efficacemente sia in piccoli lavori di drenaggio che in applicazioni su larga scala nei settori commerciale e industriale.

Utilizzo del sistema di tunnel per l'infiltrazione nel terreno in trincea

L'infiltrazione dell'acqua piovana permette all'acqua di ritornare al suo punto di origine.

Alcuni dei vantaggi dell'infiltrazione sono:

- L'acqua piovana viene re-immessa nel ciclo naturale dell'acqua;
- Disaccoppiamento dal sistema fognario, e quindi possibile riduzione o esenzione dalla tassa dovuta per la sigillatura del suolo, ove presente.

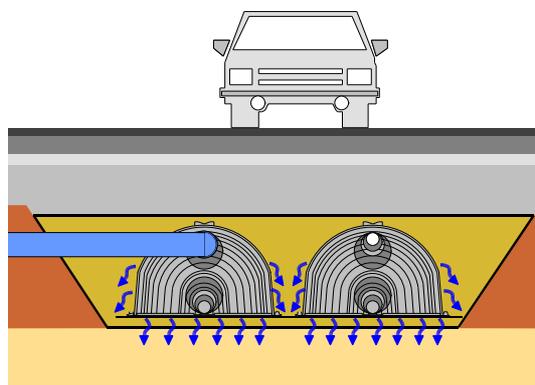


Fig. 1: Infiltrazione nel terreno in trincea

Utilizzo del sistema di tunnel per l'infiltrazione in fossato e poi in trincea

Come regola generale, la combinazione di infiltrazione in fossati e infiltrazione in trincea viene effettuata quando:

- un'infiltrazione è richiesta in un'area di terreno cosiddetto occupato;
- lo spazio necessario per il fossato/canale deve essere ridotto al minimo.

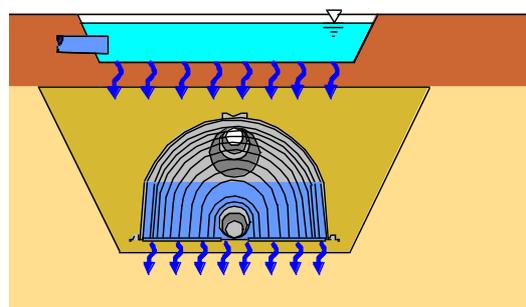


Fig. 2: Infiltrazione in fossato e trincea

Utilizzo del sistema di tunnel per la ritenzione temporanea (attenuazione) delle acque piovane

In questo caso l'acqua piovana viene temporaneamente immagazzinata nel sistema di tunnel e viene convogliata al sistema di drenaggio fognario tramite un apposito dispositivo di regolazione.

I motivi dell'attenuazione possono includere:

- Collegamento di ulteriori superfici sigillate ai sistemi di drenaggio esistenti;
- Disposizione da parte del comune, se, ad esempio, le condizioni del sottosuolo locale non consentono l'infiltrazione;
- Riduzione dei picchi nel sistema di drenaggio fognario durante le forti piogge.

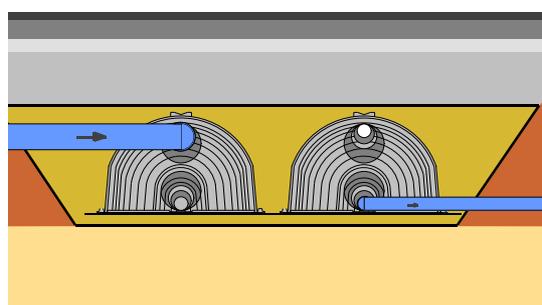


Fig. 3: Ritenzione temporanea dell'acqua piovana

2 Descrizione del prodotto

Gli elementi del sistema INTEWA DRAINMAX® sono progettati per l'installazione interrata. L'acqua piovana viene convogliata nel serbatoio di stoccaggio sotterraneo creato per l'infiltrazione o la ritenzione temporanea.

Il peso del terreno di ricoprimento e il sovraccarico stradale vengono trasmessi al terreno circostante grazie alla struttura a forma di volta del tunnel INTEWA DRAINMAX®. La capacità portante del sistema si realizza attraverso il trasferimento del peso al corpo del tunnel e sul terreno di riempimento ai lati, per lo scarico sul terreno di sottofondo.

Il tunnel DRAINMAX® può essere utilizzato al di sotto di zone di traffico, anche con carichi pesanti fino a SLW60 (corrispondente ad un carico equivalente pari a 33,4 kPa), in relazione al tipo di riempimento (ghiaia o terreno compattato) e dello spessore di copertura. L'altezza del terreno di copertura può essere compresa tra 50 e 200 cm sopra la volta del tunnel (cap. 4.6).

Grazie all'interno completamente aperto del tunnel, l'acqua si infila in modo uniforme nel terreno senza ostacoli. Le file di fori su entrambi i lati del tunnel per due livelli di altezza garantiscono anche l'infiltrazione laterale eventualmente richiesta.

Gli elementi del sistema INTEWA DRAINMAX® sono:

- Calotta Start (con costola di collegamento di 4 cm)
- Tunnel centrale (ad un'estremità ha una costola di collegamento di 8 cm, all'altra estremità una costola di 4 cm)
- Calotta End (con una costola di collegamento larga 8 cm)

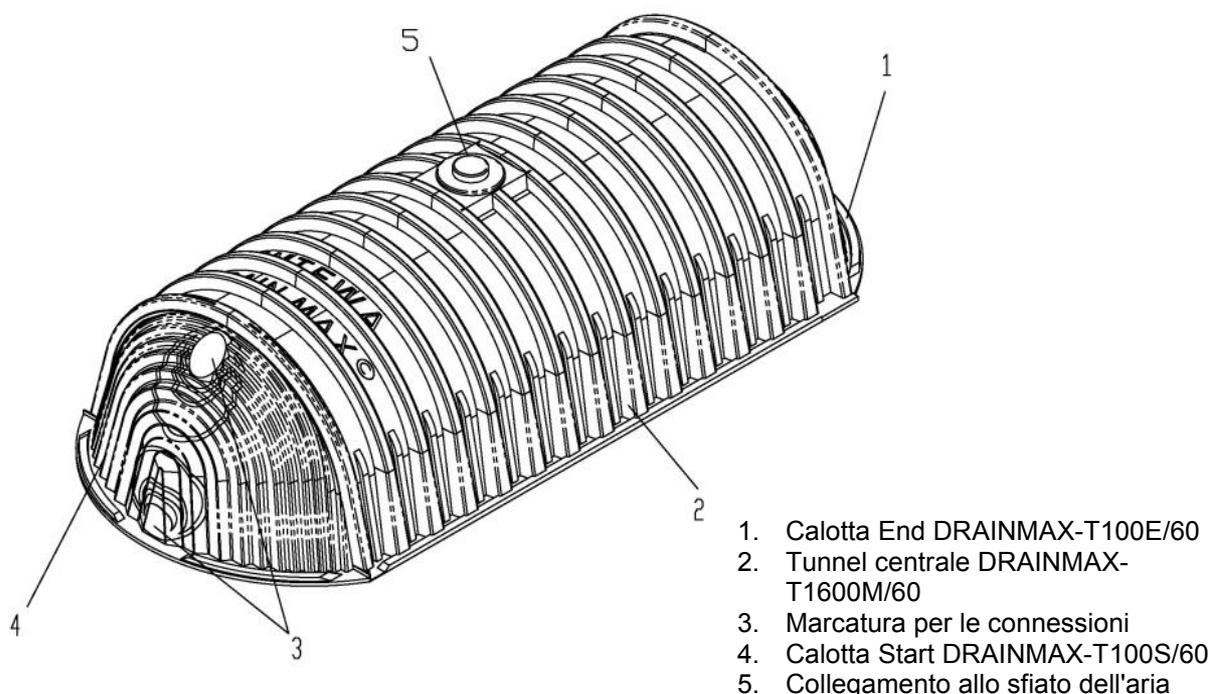


Fig. 4: DRAINMAX Tunnel

Gli elementi del tunnel INTEWA DRAINMAX® vengono posati manualmente in file. Nel caso di posa in file parallele, si deve mantenere una distanza di 450 mm tra di esse.

Gli elementi della calotta Start, del Tunnel centrale e della calotta End vengono aggiunti nella fila, sormontando gli elementi nelle rispettive costole di collegamento, e si crea così un sistema chiuso.

I tubi di collegamento per l'afflusso e lo scarico dell'acqua e per l'aerazione sono installati nelle calotte Start ed End della fila di tunnel. È possibile installare una tubazione di collegamento di diametro da DN100 a DN300, sia nella parte inferiore che in quella superiore.

Gli elementi del tunnel DRAINMAX installati secondo le linee guida del presente manuale sono progettati per una vita utile di 50 anni in relazione alle caratteristiche dei materiali e al loro campo di applicazione. Le varianti di installazione diverse dalle presenti necessitano di un calcolo statico separato.

Gli elementi sono realizzati in polietilene ad alta densità (HDPE) con processo di stampaggio. Questa plastica tecnica è resistente agli agenti chimici e ai microrganismi e quindi non marcisce. La plastica monocomponente è anche riciclabile al 100%.



Attenzione:

- - Gli elementi del tunnel non possono essere inseriti dall'interno.
- - Le presenti linee guida di installazione sono cruciali per l'installazione.
- - I mezzi di cantiere non possono transitare sugli elementi del tunnel, se non dopo una minima copertura di terreno compattato.
- - Le prescrizioni di progetto specifiche devono sempre essere rispettate.

2.1 Dati tecnici

	Tunnel centrale	Calotta Start	Calotta End
Elementi del sistema DRAINMAX	DM-T-1600-M/60 DM-T-1600-M/12	DM-T-100-S/60 DM-T-100-S/12	DM-T-100-E/60 DM-T-100-E/12
Lunghezza	2340 mm	443 mm	444 mm
Larghezza	1375 mm	1375 mm	1375 mm
Altezza (estradosso costoluto)	781 mm	767 mm	736 mm
Altezza (collegamento sulla volta)	805 mm	--	--
Lunghezza effettiva	2250 mm	--	--
Classe di carico DM-T-/60	HGV 60	HGV 60	HGV 60
Classe di carico DM-T-/12	12 t Lorry	12 t Lorry	12 t Lorry
Peso DM-T-/60	32 kg	5,5 kg	5,6 kg
Peso DM-T-/12	26 kg	4,5 kg	4,6 kg
Materiale	HDPE	HDPE	HDPE
Conessioni	1xDN100 (sulla volta)	DN100-300	DN100-300
Tolleranza ammessa	± 4 %	± 4 %	± 4 %
Temperatura di lavorazione ammessa	da +2 a + 30°C	Da +2 a + 30°C	Da +2 a + 30°C
Volume di stoccaggio	1,6 m ³	0,1 m ³	0,1 m ³

Tab. 1: Dati tecnici degli elementi del tunnel DRAINMAX®

Note:

Per una rapida identificazione visiva le diverse configurazioni di tunnel sono contraddistinte dai seguenti colori:

- DM-T- /60 = verde
- DM-T- /12 = blu



Fig. 4a: Esempio per il tunnel DRAINMAX DM-T/60 con striscia verde

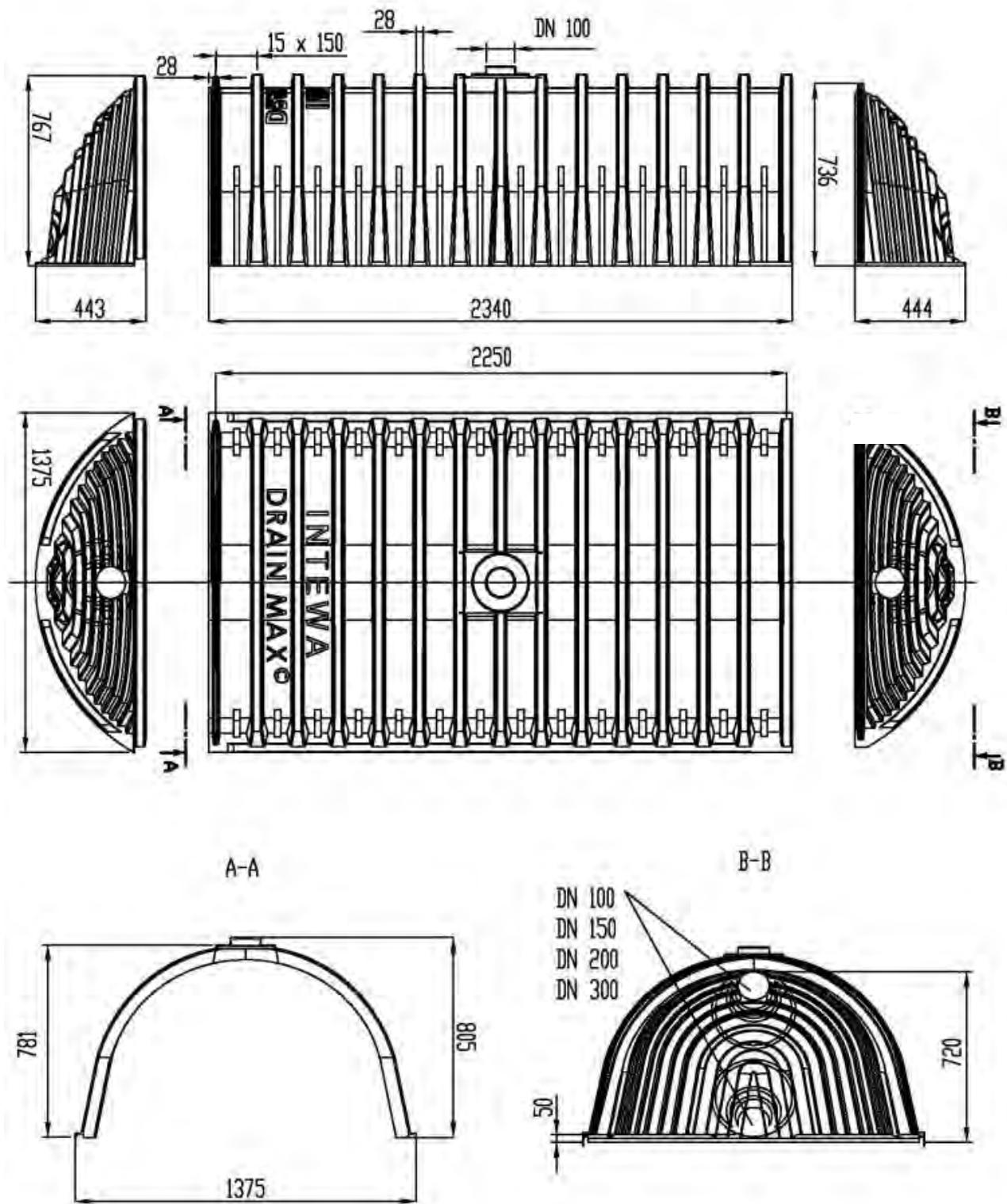


Fig. 5: Dimensioni degli elementi del tunnel DRAINMAX® e delle marcature per le connessioni

2.2 Trasporto e montaggio

Gli elementi del DRAINMAX® tunnel vengono imballati su pallet. In cantiere vengono scaricati con un carrello elevatore o altri mezzi di sollevamento. La calotta Start e la calotta End vengono generalmente poste nella parte bassa al di sotto dei tunnel centrali.



Immagine 1: Trasporto su pallet degli elementi di tunnel Immagine 2: Sollevamento degli elementi

In caso di forte vento, gli elementi impilati del tunnel devono essere opportunamente fissati con cinghie.

I tunnel DRAINMAX® possono essere stoccati all'aperto, ma è necessario proteggerli dalla luce diretta del sole e dal calore utilizzando una copertura adeguata. Il tempo di stoccaggio non deve superare un anno.



Gli elementi di tunnel possono essere danneggiati a causa di una manipolazione inadeguata. Gli urti devono essere evitati, soprattutto in condizioni di freddo.

	Pallet	Lorry 40 t, Trailer truck	45 FT HC Container (Ocean freight)
Dimensioni (L x W x H)	2,34 x 1,40 x 2,20 m	13,6 x 2,46 x 2,55 m	13,56 x 2,35 x 2,70 m
max. numero di pezzi	20 tunnel = 1 pallet*	180 tunnel = 9 pallets	225 tunnel = 9 pallets*
Peso del max. numero di pezzi DM-T-1600-M/60	690 kg	6210 kg	7650 kg
Peso del max. numero di pezzi DM-T-1600-M/12	540 kg	4860 kg	6030 kg
Volume lordo di stoccaggio (senza calotte Start/End)	32 m ³	288 m ³	360 m ³

**Al massimo 5 calotte Start e 5 calotte End possono essere imballate insieme ad ogni pallet*

Tab. 2: Dimensioni e pesi di trasporto di DRAINMAX tunnel

3 Istruzioni per il layout, la pianificazione e l'esecuzione di sistemi di infiltrazione e di ritenuta

E' necessario conoscere le condizioni geologiche e idrologiche locali, che possono essere indagate da esperti. L'area di infiltrazione deve essere esaminata in relazione alla natura dei terreni, alle condizioni delle acque di falda (anche in termini di aumento del livello delle acque sotterranee a seguito dell'infiltrazione), nonché alla permeabilità e alla stabilità da parte dell'Ingegnere Geotecnico, in particolare con i sistemi di infiltrazione.

Inoltre, per la costruzione di sistemi di gestione delle acque piovane è necessario rispettare le normative di legge e le direttive tecniche. Ad esempio per la Germania:

Normativa legale	Direttive tecniche
- Diritto dell'UE	- Foglio di lavoro DWA-A 138
- Legge federale	- ATV-DVWK-M 153
- Legge dello Stato federale	- DWA-A117, A118, A121, A128
- Legge Comunale Statutaria	- KOSTRA
	- Diverse norme: tra cui DIN4261-1, EN 752

Tab. 3: Norme di legge e direttive tecniche in vigore in Germania

Le condizioni tecniche delle acque reflue e le restrizioni costruttive devono essere richieste alle autorità competenti.

3.1 Istruzioni per le fasi di progettazione

Il layout dei sistemi di gestione delle acque piovane di solito comprende i passaggi elencati di seguito:

- Verifica dello stato di fatto e valutazione delle superfici fisse collegate;
- Calcolo dell'entità dell'afflusso e del sistema di infiltrazione e di ritenzione;
- Calcolo del deflusso di infiltrazione (il deflusso con sistema di ritenzione sarà definito dal valore di deflusso della valvola a farfalla);
- Determinazione iterativa del volume di stoccaggio richiesto in funzione delle precipitazioni locali e della frequenza degli eventi di straripamento/tracimazione;
- Valutazione e selezione del progetto di sistema più economico;
- Specificare il progetto: definizione del numero di tunnel, della disposizione, del tipo di materiale di riempimento;
- Se necessario, definire le misure di pre-trattamento, le camere di lavaggio e di ispezione, il materiale di montaggio, ecc.

La INTEWA GmbH sarà lieta di assistervi nella pianificazione e nella progettazione.

3.2 Istruzioni per il pre-trattamento dell'acqua piovana

L'acqua fornita al sistema DRAINMAX® richiede una sedimentazione e una filtrazione preliminari per garantire il corretto funzionamento del sistema di infiltrazione o di ritenzione temporanea.

Le ispezioni regolari, la manutenzione e la pulizia degli impianti di pre-trattamento assicurano un funzionamento regolare del sistema di tunnel, soprattutto per quanto riguarda l'uniformità delle prestazioni di infiltrazione e la protezione del dispositivo di regolazione con i sistemi di ritenzione.

Nei sistemi di infiltrazione, la selezione e il dimensionamento dei dispositivi di pre-trattamento dell'acqua sono legati anche alla concentrazione di eventuali sostanze e ai rischi associati per le acque di falda.

Con l'aiuto di semplici metodi di valutazione, dovrà essere preso in considerazione qualitativamente e quantitativamente l'inquinamento, attraverso l'acqua piovana proveniente dalle superfici dei tetti e dalle aree di traffico, del suolo e del sottosuolo. (Ad es. in Germania gli allegati da A a C dell'ATV-M153 dell'Associazione tedesca per la gestione delle acque, delle fognature e dei rifiuti consentono un dimensionamento dettagliato delle misure di pre-trattamento).

In base al riscontro e alle diverse misure adottate per il pre-trattamento dell'acqua piovana, si dovrà garantire un'adeguata protezione. INTEWA GmbH è lieta di supportarvi nella pianificazione e nella progettazione.

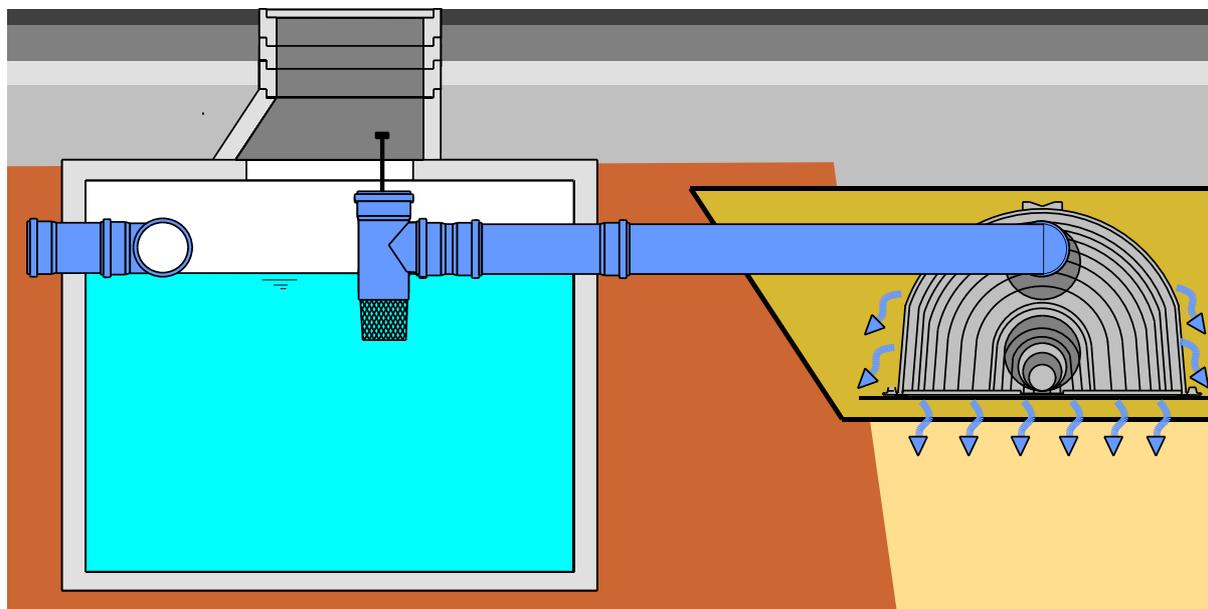


Fig. 6: Esempio: Dispositivi di sedimentazione e filtraggio per la pulizia dell'acqua piovana

3.3 Istruzioni per i dispositivi di ispezione e pulizia

Grazie alla geometria a semiguscio completamente aperta degli elementi del tunnel, essi possono essere ispezionati e, se necessario, anche puliti. E' sufficiente collegare la fila del tunnel di lavaggio ad un pozzetto di lavaggio e di ispezione. Da qui, è possibile dirigere una telecamera girevole e un ugello di pulizia nel sistema e lo sporco può essere rimosso.

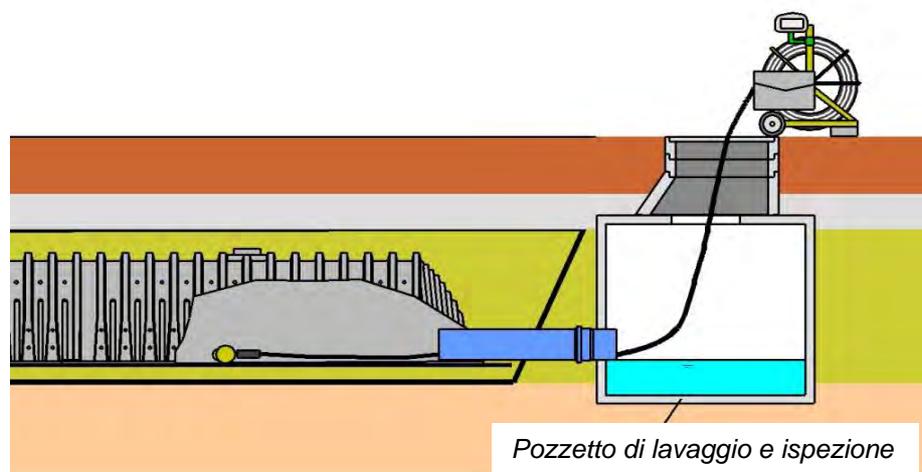


Fig. 7: Ispezione con telecamera dall'ingresso del pozzetto di ispezione

Se il sistema di sedimentazione preliminare è correttamente dimensionato, in genere non è necessaria una regolare pulizia del sistema di infiltrazione. Tuttavia, è possibile effettuare la pulizia in caso di emergenza con misure precauzionali adeguate: la disposizione e il numero di punti di lavaggio e di ispezione, nonché la speciale disposizione della fila di tunnel di lavaggio, devono essere considerati in fase di progettazione.

In generale, la pulizia viene effettuata solo quando da un'ispezione si accerta che la capacità di infiltrazione si è ridotta in modo significativo.

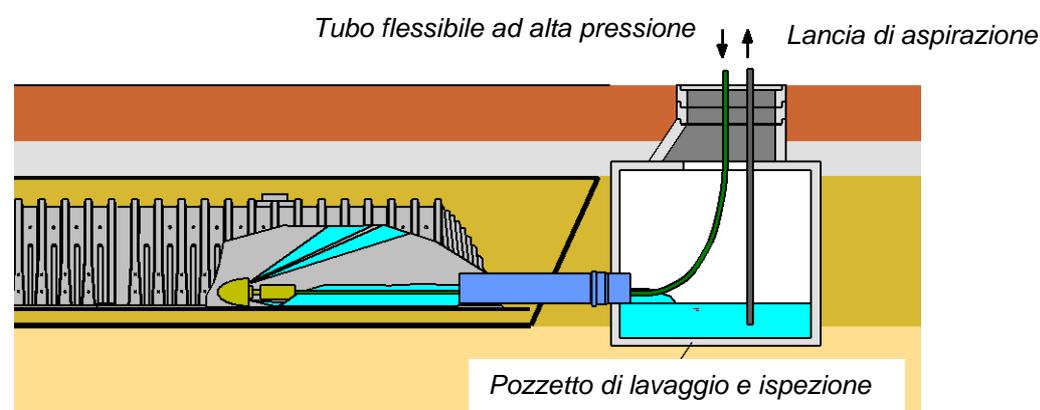


Fig. 8: Pulizia e rimozione della sporcizia tramite lavaggio

Il fondo del tunnel di lavaggio viene pulito con un'idropulitrice ad alta pressione. L'ugello del carrello di lavaggio è collegato al pozzetto di lavaggio e ispezione nel tunnel di lavaggio.

Il getto posteriore dell'ugello di pulizia rimuove il sedimento depositato sul fondo nel pozzetto di lavaggio e ispezione, dove viene aspirato per mezzo di una lancia di aspirazione. A seconda della sporcizia presente possono essere necessari diversi cicli di pulizia e risciacquo.



Immagine 3: Ugello di lavaggio con getti conici inversi Immagine 4: Ugello di lavaggio con procedura di pulizia

3.4 Istruzioni per l'installazione dei tubi e la ventilazione dell'impianto

I tubi sono collegati, in accordo alle specifiche di progetto, all'estremità del tunnel alle calotte Start ed End. Le marcature per il collegamento dei tubi nelle calotte del tunnel consentono il taglio in loco con una sega a sciabola. Il tubo di ingresso dell'acqua piovana nel sistema di tunnel può essere posizionato a livello della volta del tunnel o del fondo del tunnel.

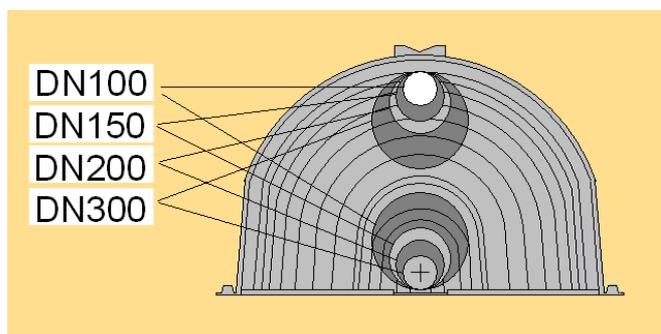


Fig. 9: Marcature per la connessione delle calotte Start/End

L'afflusso in ogni fila di tunnel avviene solitamente dall'impianto di pre-pulizia tramite un sistema di tubazioni opportunamente collegato. Nel caso di più file, la portata volumetrica di afflusso è equamente distribuita in tutte le file di tunnel.

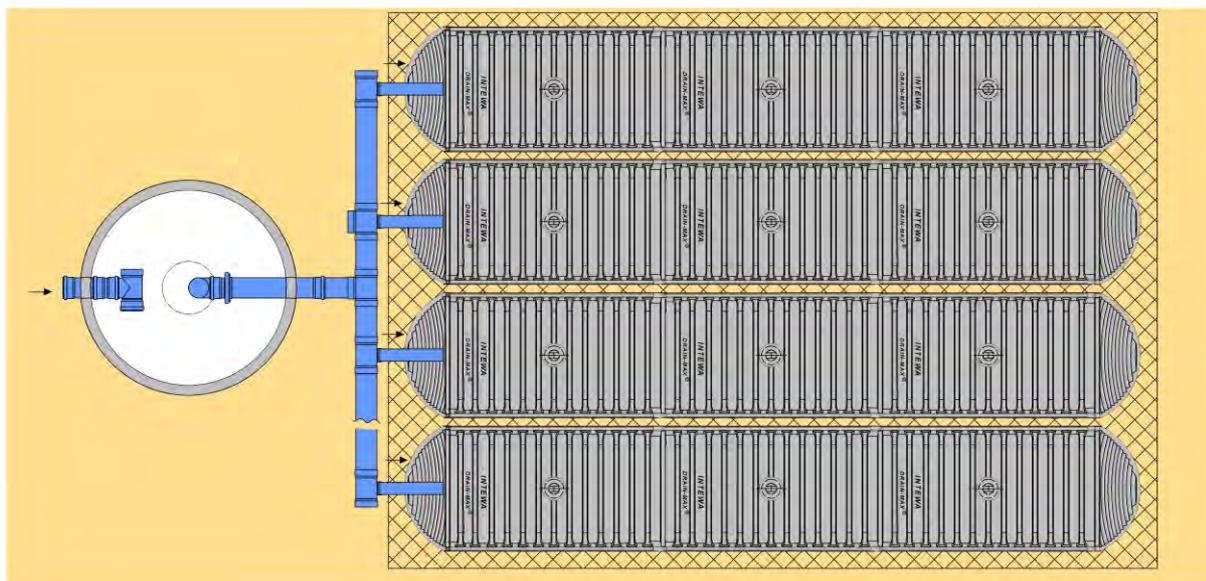


Fig.10: Esempio di sistema di tubazioni collegato al pozzetto di sedimentazione e filtrazione preliminare

Se si utilizza un tunnel di lavaggio, l'acqua viene distribuita alla fine della fila del tunnel di lavaggio alle file parallele.

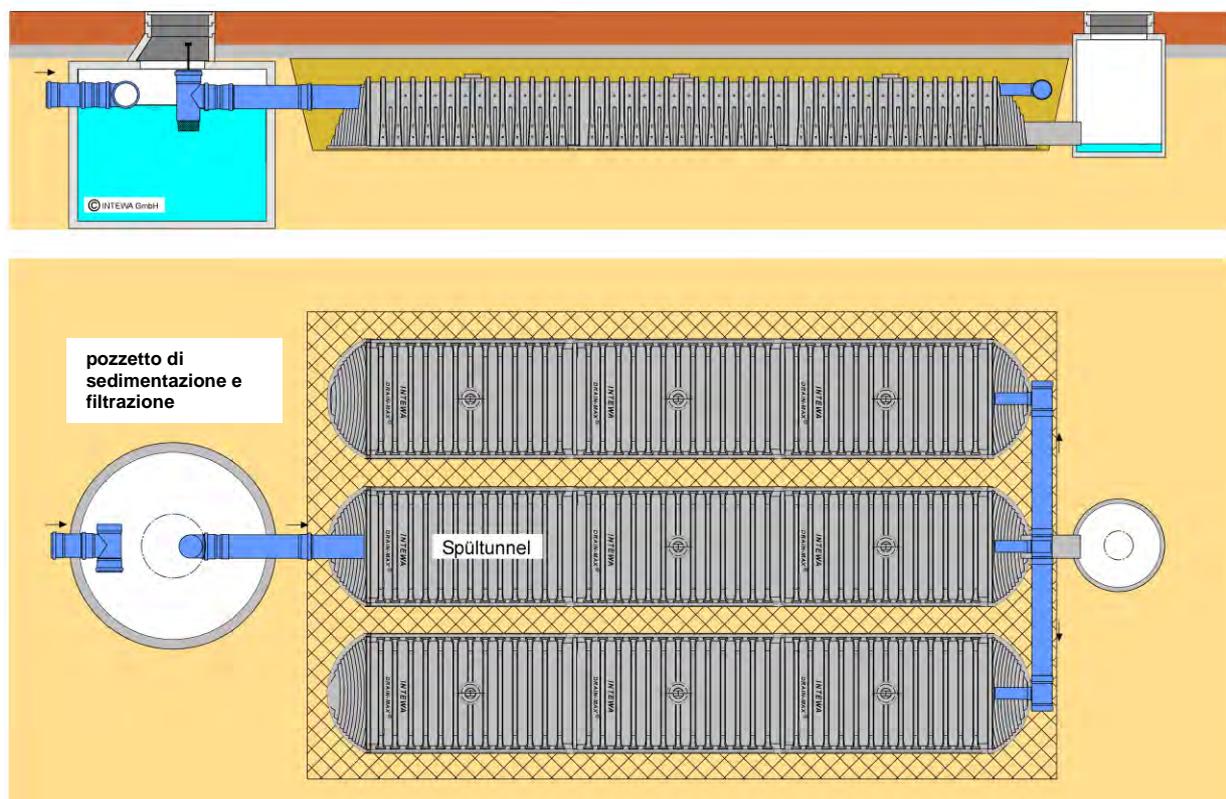


Fig.11: Esempio per il collegamento in entrata delle file di tunnel parallele utilizzando un tunnel di lavaggio

Le variazioni di pressione dell'aria causate nel sistema di tunnel dall'afflusso e dallo scarico dell'acqua devono essere bilanciate dall'aerazione. La dimensione della ventilazione si basa sulla portata volumetrica massima di afflusso. Il raccordo di sfiato DN100 è dimensionato per un afflusso pari a 20 l/s.

Il collegamento di sfiato dal tunnel viene effettuato dal centro della volta del tunnel o dalla parte superiore della calotta Start/End. L'aria viene trasferita all'esterno attraverso uno sfiato d'aria verso l'esterno o attraverso un pozzetto ventilato (come, ad esempio, pozzetto di sedimentazione o pozzetto di lavaggio e ispezione).

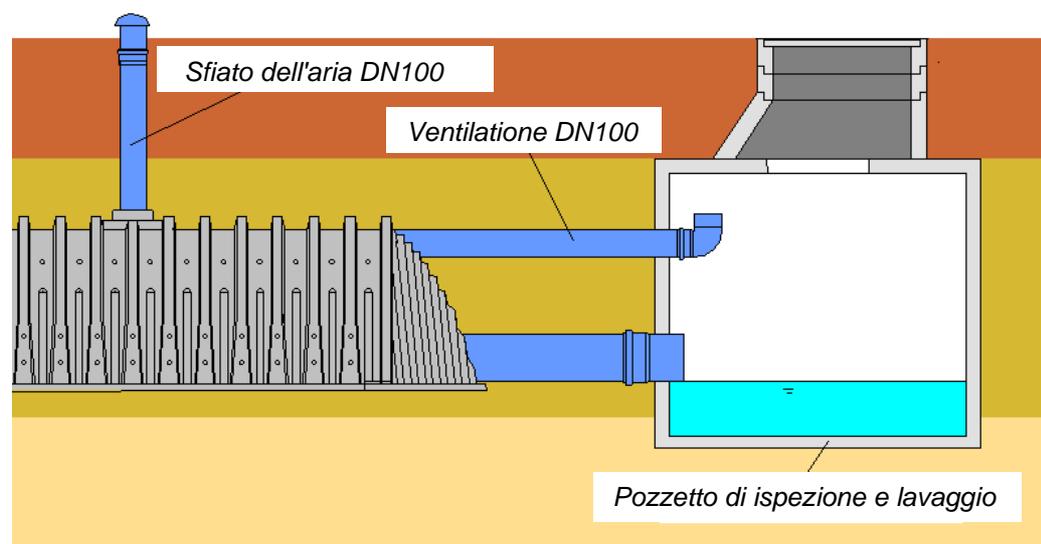


Fig. 12: Esempio di possibilità di sfiato

4 Istruzioni per l'installazione

L'installazione professionale del sistema influisce sul buon risultato dell'opera e sulla sua durata, ed è importante in tutte le diverse fasi: dal progetto allo scavo e preparazione del piano di posa, alla posa dei tunnel e al riempimento sui lati e poi a copertura, fino all'eventuale sovrastruttura stradale.

4.1 Strato di base e strato di regolarizzazione

L'adeguata capacità portante del terreno in sito è condizione necessaria per la stabilità del sistema di tunnel. In caso di mancanza di conoscenze o di dubbi sulla capacità portante del terreno, è necessaria un'indagine da parte di un ingegnere geotecnico.

Se la capacità portante del terreno naturale non è sufficiente, allora va incrementata realizzando, per esempio, uno strato di base in ghiaia e/ inserendo un geotessuto filtrante di rinforzo, o con eventuali altri metodi.

Se il terreno in sito è coesivo e comprimibile, andrà realizzata una bonifica dello strato di base, utilizzando un terreno misto granulare compatto, oppure ghiaie con granulometria fino a 16/32 mm. La superficie di posa dei tunnel deve avere una capacità portante pari ad almeno $E_{v2} \geq 45$ MPa

La permeabilità del substrato compatto deve essere non inferiore a quanto previsto nel progetto, in modo da consentire l'infiltrazione dell'acqua nel terreno.

4.2 Riempimento del sistema di tunnel: materiali e modalità

Il sistema di tunnel può essere riempito con un terreno di riempimento misto granulare oppure con ghiaia di granulometria 16/32 mm; il terreno o la ghiaia andranno adeguatamente compattati.



Attenzione

Indipendentemente dal materiale utilizzato, il riempimento dovrà essere effettuato in modo uniforme su entrambi i lati di ogni tunnel, in strati di 20 cm.

Non è consentito il riempimento su un solo lato, poiché questo può portare alla deformazione della struttura del tunnel e alla riduzione della capacità portante del sistema.

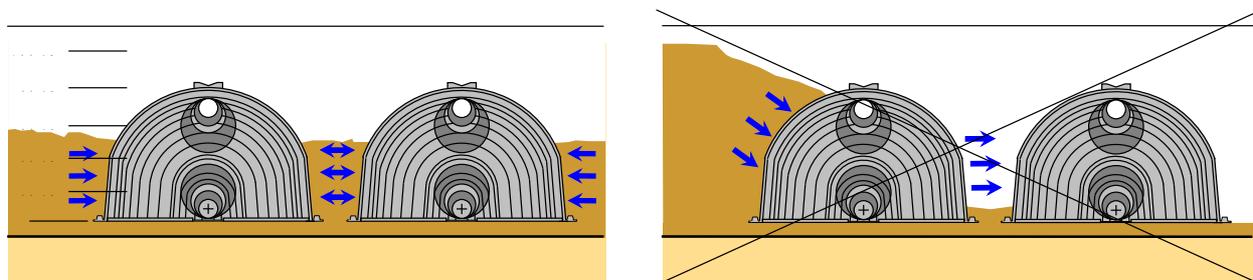


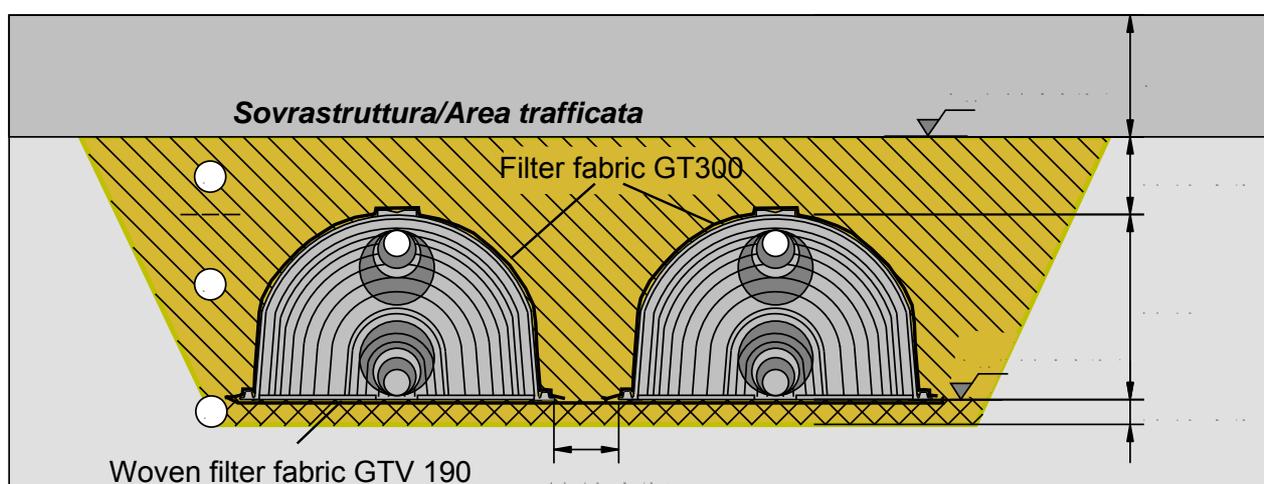
Fig. 13: Riempimento bilaterale consentito, riempimento unilaterale non consentito

4.2.1 Riempimento con terreno granulare

Se il riempimento viene realizzato con terreno granulare assortito, gli elementi del tunnel devono essere rivestiti direttamente con un adeguato geotessile filtrante (ad es. in Germania di tipo GRK 5) per evitare la penetrazione di particelle di terreno nei fori di drenaggio laterali.

La copertura minima sopra l'estradosso del tunnel deve essere pari a 35 cm, in modo da raggiungere una capacità portante pari a $E_{v2} = 45$ MPa necessaria per la sovrastruttura stradale, ad es. in accordo alla normativa tedesca RSTO 01, o ad altre equivalenti.

Il riempimento ai lati e sopra la volta avviene per strati di spessore max. pari a 20 cm, adeguatamente compattati.



Nota: L'altezza D min e max consentita dipende dalla situazione di posa e dal carico di traffico (cap. 4.3)

Fig. 14: Riempimento con terreno granulare compattato

Il materiale di riempimento e la capacità portante richiesta per ogni strato della costruzione devono fare riferimento alla seguente tabella.

Strato		Materiale	Capacità portante
A, C	Strato di regolarizzazione e di base	Materiale granulare assortito (ad es. classe di terreno 3 e 4 in accordo alla norma DIN 18196)	$D_{pr} \geq 97\%$ min. $E_{v2} = 45$ MPa
B	Riempimento sui lati del tunnel e sopra la volta	Materiale granulare assortito, compattazione a strati di spessore non superiore a 20 cm (ad es. in accordo alla norma DIN 18196)	$D_{pr} \geq 97\%$
C	Copertura del sistema	Materiale granulare assortito, compattazione a strati di spessore non superiore a 20 cm (ad es. in accordo alla norma DIN 18196)	$D_{pr} \geq 97\%$ min. $E_{v2} = 45$ MPa

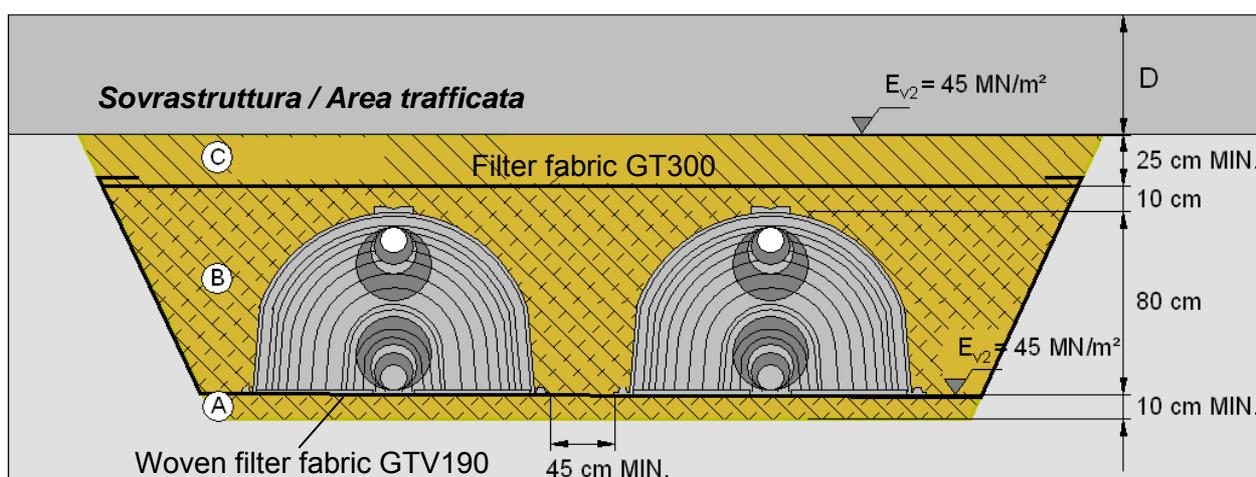
Tab. 4: Strati costruttivi con materiale di riempimento granulare

4.2.2 Riempimento con ghiaia 16/32 mm

Il riempimento del sistema con ghiaia 16/32 mm crea un volume di infiltrazione aggiuntivo proporzionale ai vuoti presenti nella ghiaia. Durante la fase di riempimento, si dovranno rispettare le specifiche d'installazione del geotessile filtrante e verificare la capacità portante del sottofondo.

Nel caso di riempimento con ghiaia non è necessario rivestire i tunnel con geotessile filtrante, poiché particelle di questo diametro non possono entrare attraverso i fori laterali. Per evitare che le particelle fini del terreno circostante penetrino nel letto di ghiaia, è necessario utilizzare un geotessile di filtro-separazione su tutti i lati.

Al di sopra della volta dei tunnel è necessario posare uno strato di ghiaia di spessore pari a 10 cm, sopra il quale viene posato orizzontalmente un geotessile filtrante che protegge il letto di ghiaia dalla penetrazione delle particelle di terreno sovrastante. Sopra il geotessile, per ottenere la capacità portante richiesta per la sovrastruttura stradale, pari a $E_{v2} = 45$ MPa, è necessario realizzare uno strato compatto di spessore pari ad almeno 25 cm di materiale granulare assortito e adeguatamente compatto.



Nota: L'altezza min e max D consentita dipende dalla situazione di posa e dal carico di traffico (cap. 4.3)

Fig. 15: Strati costruttivi con riempimento in ghiaia 16/32 mm

Il materiale di riempimento e la capacità portante richiesta per ogni strato della costruzione devono fare riferimento alla seguente tabella.

Strato		Materiale	Capacità portante
A	Strato di regolarizzazione e di base	Materiale granulare assortito (ad es. in accordo alla norma DIN 18196)	min. $E_{v2} = 45$ MPa $D_{pr} \geq 97\%$
B	Riempimento tunnel sui lati e sulla volta (≥ 10 cm)	Ghiaia frantumata 16/32 mm	$D_{pr} \geq 97\%$
C	Ricoprimento al di sopra del geotessile (≥ 25 cm)	<i>Superfici stradali/aree trafficate:</i> Terreno granulare assortito, (ad es. in accordo alla norma DIN 18196)	$D_{pr} \geq 97\%$ min. $E_{v2} = 45$ MPa
C*	Ricoprimento al di sopra del geotessile	<i>Superfici non asfaltate senza traffico (ad es. nel caso di infiltrazione in fossa/trincea):</i> Terreno con requisiti di permeabilità in accordo alla norma DWA-A138 $K_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s	Installazione a bassa compattazione max. $D_{pr} = 92\%$

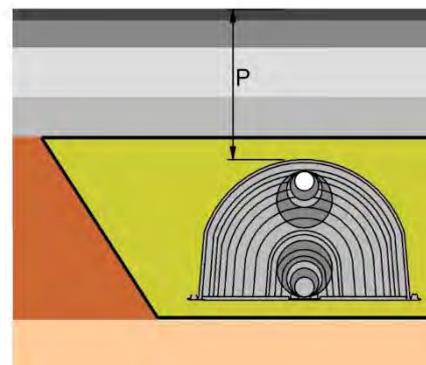
Tab. 5: Strati costruttivi con materiale di riempimento ghiaia 16/32

4.3 Spessore della copertura e capacità portante del sistema di tunnel

La capacità portante del sistema di tunnel è legata alla capacità portante del terreno di sottofondo e dipende anche dal materiale di riempimento sui lati, dal grado di compattazione e dall'altezza complessiva della copertura sopra la volta del tunnel (P).

Migliore è la compattazione, migliore è il trasferimento del carico. Maggiore è il carico di traffico, maggiore è la distribuzione del carico attraverso un corrispondente spessore di ricoprimento opportunamente definito.

Le tabelle sotto riportate mettono in relazione il sovraccarico stradale con lo spessore complessivo del terreno di copertura: per ogni caso considerato è definito un intervallo di valori, con un valore minimo e un valore massimo, che non vanno superati, indipendentemente dal tipo di struttura e dalla finitura della superficie.



4.3.1 DRAINMAX Tunnel/60 con certificazione DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik)

Condizione di posa: sovraccarico stradale	max carico su asse	Spessore complessivo del terreno P
Area accessibile non asfaltata	--	0.50 ¹ – 3.00 m
Autocarro 12 t (corrispondente a un carico distribuito pari a 6,7 kPa), superficie ghiaiosa	8.0 t	0.50 ^{1,2} – 2.75 m
Autocarro pesante HGV 30 (corrispondente a un carico distribuito pari a 16,7 kN/m ²), superficie pavimentata	13.0 t	1.00 – 2.00 m
Automezzo pesante HGV 60 (carico distribuito equivalente pari a 33,4 kN/m ²), superficie pavimentata	20.0 t	1.00 – 1.65 m

¹ Valido solo se non c'è pericolo di gelo.

² Nel caso di copertura minima di superfici non pavimentate è possibile la formazione di ormaie; attenzione a non scendere sotto lo spessore minimo !.

Tab. 6a: Terreno di copertura ammesso DRAINMAX TUNNEL/60 (rif. carichi di traffico DIN 1072)

4.3.2 DRAINMAX Tunnel/12

Condizione di posa: sovraccarico stradale	max carico su asse	Spessore complessivo del terreno P
Area accessibile non asfaltata	--	0.50 ¹ – 2.25 m
Autocarro 12 t (corrispondente a un carico distribuito pari a 6,7 kPa), superficie ghiaiosa	8.0 t	0.80 ^{1,2} – 1.50 m

¹ Valido solo se non c'è pericolo di gelo.

² Nel caso di copertura minima di superfici non pavimentate è possibile la formazione di ormaie; attenzione a non scendere sotto lo spessore minimo !.

Tab. 6b: Terreno di copertura ammesso DRAINMAX TUNNEL/12 (rif. carichi di traffico DIN 1072)

4.3.3 Calcolo specifico per situazioni particolari

Il presente manuale riguarda situazioni standard di installazione. Se non è possibile attenersi alle istruzioni di installazione standard, riportate in questo manuale, è necessario eseguire ulteriori simulazioni e calcoli, quando si tratta di problemi statici. Per questi casi, INTEWA può essere di ulteriore aiuto.

4.4 Costruzione in aree di traffico pavimentate (rif. RStO 01¹)

Il tunnel DRAINMAX® è omologato per l'installazione sotto le aree di parcheggio, compreso il caso di mezzi pesanti, corrispondente alla classe di costruzione BK V in rif. a RStO1 01¹. La finitura superficiale di queste aree trafficate può essere realizzata in conglomerato bituminoso Strato di base con DRAINMAX tunnel

In base alla classe di costruzione, legata al sovraccarico di traffico, e al tipo di pavimento viene costruita con la sovrapposizione di un insieme di strati, ciascuno caratterizzato da un tipo di materiale e da uno spessore. Per ogni strato la capacità portante viene definita dal rispettivo modulo di deformazione E_{v2} .

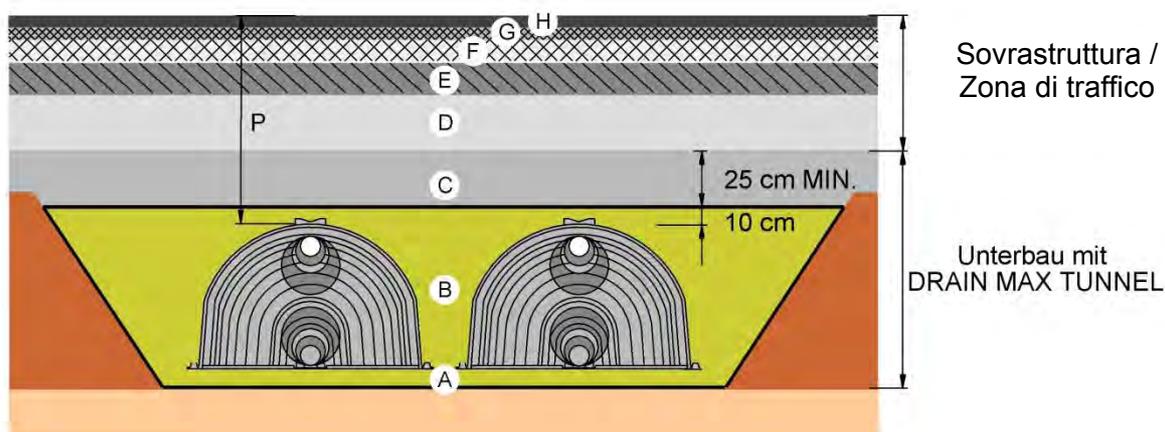


Fig. 18: Esempio di strato di base / sovrastruttura con copertura bituminosa secondo la classificazione RStO V, Linea 3.1¹

A = Strato di base/sottofondo portante
 B = Riempimento ad es. con ghiaia 16/32 mm
 C = Copertura del tunnel (45 MPa)
 D = Strato antigelo (45 MPa)
 E = Massiccata di sottofondazione(120 MPa)

F = Strato di base bituminoso (150 MPa)
 G = Binder
 H = Tappetino di usura
 P= Spessore complessivo terreno di copertura

¹ Linee guida ufficiali tedesche per la standardizzazione delle superfici di traffico

4.5 Capacità portante del sistema durante la posa in opera

La forma aperta a semiguscio dell'elemento tunnel è strutturalmente instabile senza riempimento laterale e superiore. Si devono quindi evitare deformazioni dovute a sollecitazioni eccessive durante le fasi di posa in opera.

In generale, non è consentito l'accesso diretto sugli elementi del tunnel con veicoli da cantiere o con attrezzature per la compattazione.

Spessore strato di terreno	Dispositivo di compattazione
da 0 a 50 cm dal livello del sottofondo	(1) Piastre vibranti: Peso operativo: ca. max. 100 kg Dimensioni piastra: 380 mm x 500 mm Forza di vibrazione: 12 kN Frequenza di vibrazione: 85 Hz 
da 50 a 120 cm dal livello del sottofondo	(2) Piastre vibranti: Peso operativo: ca. 255 kg Dimensioni piastra: 600 mm x 800 mm Pressione specifica: 0.86 daN/cm ² Forza di vibrazione: 35 kN Frequenza di vibrazione: 80 Hz 
a partire da 40 cm dalla volta del tunnel	(3) Ad es. piastre vibranti: Peso operativo: ca. 400 kg Larghezza piastra: 450 mm Forza di vibrazione: 59 kN Frequenza di vibrazione: 65 Hz 
a partire da 80 cm dalla volta del tunnel	(4) Ad es. piastre vibranti o rulli non vibranti: Peso operativo: ca. 760 kg Larghezza piastra: 700 mm Forza di vibrazione: 100 kN Frequenza di vibrazione: 56 Hz 

Tab. 7: Attrezzature di compattazione per il riempimento laterale e superiore dei tunnel



La compattazione può essere effettuata solo con piastre vibranti piane. Non sono ammessi rulli vibranti.

Spessore strato di terreno	Mezzi di cantiere ammessi	
- a partire da 40 cm di copertura <u>compattata</u> sulla volta del tunnel	Escavatore cingolato - peso max. 20 t - carico distribuito < 5 KPa	
- a partire da 60 cm di copertura <u>compattata</u> sulla volta del tunnel	Veicolo su ruote - carico max su ruota 4 t, che non può essere superato neanche durante le operazioni di scarico - carico distribuito max. 6,7 KPa	
- a partire da 80 cm di copertura <u>compattata</u> sulla volta del tunnel	Veicolo su ruote - carico max su ruota 6.5 t, che non può essere superato neanche durante le operazioni di scarico - carico distribuito max.16,7 KPa	

Tab. 8: Carico dei mezzi di cantiere durante la posa in opera del sistema di tunnel

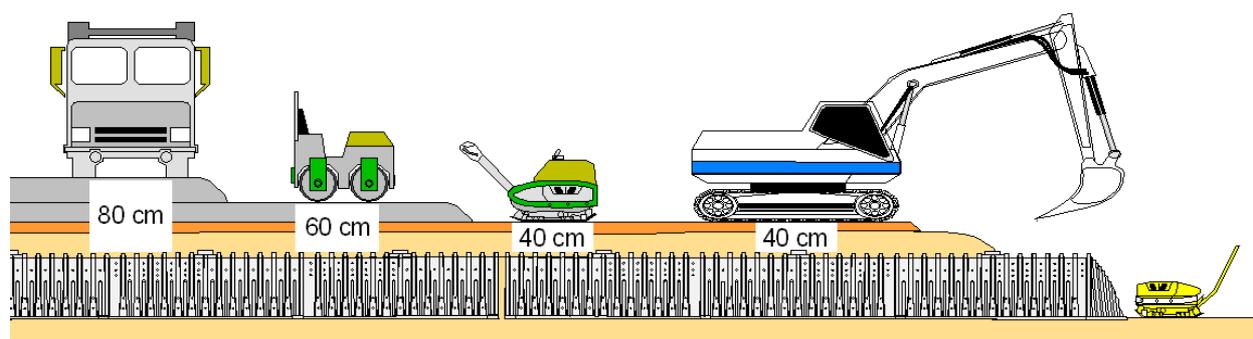


Fig. 19: Mezzi di cantiere

4.6 Geotessuto filtrante alla base del tunnel

Per le applicazioni in cui è possibile pulire la base del tunnel, un geotessuto filtrante (ad es. INTEWA GTB 190) viene posato alla base del tunnel.

In questo modo il fondo del tunnel può essere pulito in modo efficiente dai sedimenti. Il riempimento laterale del sistema di tunnel viene effettuato con terreno o ghiaia come descritto.

All'interno dell'area del tunnel di lavaggio viene posato il geotessuto filtrante, seguendo la direzione del tunnel; non sono ammesse sovrapposizioni. Il geotessuto filtrante deve sporgere lateralmente di almeno 300 mm per poter essere adeguatamente bloccato dal terreno. I tunnel adiacenti devono mantenere una distanza adeguata.

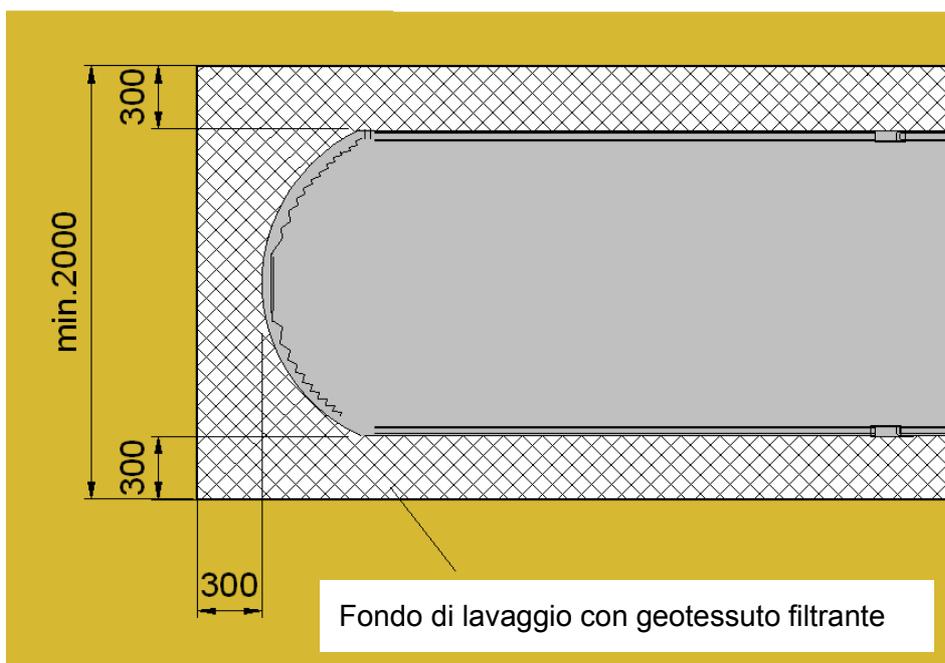


Fig. 21: Geotessuto filtrante alla base del tunnel di lavaggio

Il geotessuto filtrante deve soddisfare i seguenti requisiti:

Larghezza minima:	2 m	
Resistenza al punzonamento statico:	> 3960 N	(EN ISO 12236)
Max. resistenza a trazione longitudinale / diagonale:	40 / 40 kN/m	(EN ISO 10319)
Max allungamento alla resistenza a trazione longitudinale / diagonale:	10 / 8%	
Apertura caratteristica:	0,2 mm	
Permeabilità all'acqua $V_{I_{H50}}$:	29 l/sm ²	

4.7 Copertura del tunnel con geotessile filtrante

Il geotessile filtrante viene utilizzato quando c'è il rischio che particelle fini di terreno penetrino nel tunnel. Per cui nel caso di riempimento del sistema con materiale granulare assortito, i tunnel devono essere ricoperti con geotessile filtrante. Un geotessile filtrante deve essere posizionato sulle file di tunnel, in modo che possa seguire la struttura dentellata e possa essere riempito completamente con terreno nelle costole. Si dovrà evitare un eccessivo allungamento del geotessile nelle cavità delle costole.

Il geotessile per la copertura diretta del tunnel deve avere una larghezza minima di 2,5 m.

Quando il riempimento viene realizzato con ghiaia 16/32 mm, non è necessario coprire direttamente i tunnel con geotessile filtrante; in questo caso, il geotessile filtrante può essere utilizzato come elemento di separazione tra la ghiaia e la copertura di terreno sovrastante.

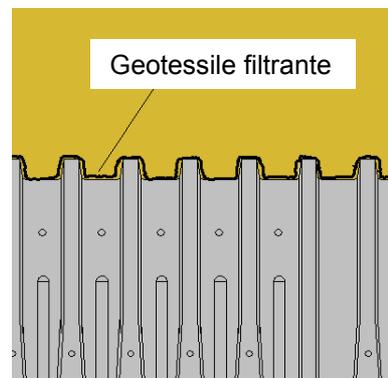


Fig. 20: rivestimento con geotessile filtrante sulle file di tunnel

Nei punti di afflusso o aerazione dei tunnel, occorre far sì che nei fori creati nel geotessile per il passaggio dei tubi non entrino particelle di terreno. Perciò in ogni punto di passaggio del tubo viene fatto un taglio nel geotessile, di dimensioni inferiori rispetto a quelle del tubo, infilando poi il tubo attraverso il geotessile. Le sovrapposizioni del geotessile devono essere di almeno 50 cm.

Il geotessile filtrante deve soddisfare i seguenti requisiti:

Larghezza minima:	2,5 m	
Resistenza al punzonamento statico:	3500 N	(EN ISO 12236)
Max. resistenza alla trazione longitudinale / diagonale:	24 / 28 kN/m	(EN ISO 10319)
Max.allungamento longitudinale / diagonale:	70 / 80%	
Apertura caratteristica:	0,06 mm	
Permeabilità all'acqua:	$VI_{H50}: 36 \text{ l/sm}^2$	

5 Fasi della posa in opera

Realizzazione dello scavo e del piano di posa

- Lo scavo andrà realizzato in accordo a quanto previsto nel progetto. Nella fase di scavo i lavori dovranno essere eseguiti a regola d'arte e nel rispetto di tutte le norme di sicurezza.
- La quota del piano di posa deve essere stabilita in relazione alla capacità portante del sottofondo, in accordo a quanto indicato nelle specifiche di progetto.
- Realizzare uno strato di base orizzontale, stabile e uniforme. Ai fini dell'infiltrazione, la permeabilità del sottofondo compattato deve essere non inferiore alla permeabilità indicata nelle specifiche di progetto.
- Quando si realizza il riempimento del sistema con ghiaia 16/32 mm, è opportuno racchiudere l'intero volume di ghiaia con un geotessile filtrante: alla base, sulle pareti di scavo e a copertura, come elemento di separazione dal terreno sovrastante.
- Quando il riempimento è fatto con terreno granulare assortito, il geotessuto filtrante viene posto alla base del tunnel. Inoltre, il tunnel deve essere ricoperto esternamente con geotessile filtrante.

Posa degli elementi del tunnel e realizzazione dei collegamenti con le tubazioni

- Preliminarmente alla posa dei tunnel, i pozzetti di afflusso e di ispezione devono essere installati in posizione e quota adeguate; la base del tunnel deve essere rinforzata con geotessuto filtrante.
- Poi si procede posizionando gli elementi di tunnel DRAINMAX in file sul piano di posa, sopra il geotessuto filtrante.
- Il primo tunnel viene posato dalla parte del pozzetto di afflusso, partendo con la calotta Start. Gli elementi sono collegati tra loro mediante sovrapposizione di una costola. La calotta End chiude la fila di tunnel. Poi si posiziona la fila successiva di tunnel parallelamente, ad una distanza adeguata specificata nel piano di posa.



Foto 5: Fase di scavo



Foto 6: Prova dinamica su piastra a fondo scavo



Foto 7: Posa del geotessuto alla base



Foto 8: Tubo al pozzetto di afflusso



Foto 9: Connessione di due elementi di tunnel mediante sovrapposizione

- Coprire le file di tunnel con geotessile filtrante e sistemarlo in modo che il tessuto possa adattarsi alle costole quando viene ricoperto di terra. Evitare che il tessuto sia eccessivamente teso in corrispondenza delle cavità. (Se si utilizza ghiaia 16/32, non è necessario coprire direttamente i tunnel).
- Riempire la zona del piede con terreno in modo da fissare il geotessile filtrante.

Riempimento laterale del tunnel

L'elemento del tunnel viene riempito da entrambi i lati e poi sopra la volta con materiale di riempimento adatto in strati uniformi di massimo 20 cm.

- La compattazione degli strati di terreno va effettuata in modo uniforme con un dispositivo di compattazione leggero. Con l'aumento dello spessore del terreno di ricoprimento, possono essere utilizzati dispositivi di compattazione più pesanti (vedi capitolo 4.4).

Copertura degli elementi del tunnel

La capacità portante della sovrastruttura stradale viene prodotta dagli strati di terreno compattati sugli elementi di tunnel DRAINMAX.

- Il terreno misto granulare viene compattato a strati sopra la volta del tunnel, fino ad ottenere la capacità portante richiesta.
- Quando si utilizza ghiaia 16/32 mm, questa viene posata fino a raggiungere la quota di 10 cm sopra la volta del tunnel, e viene poi ricoperta orizzontalmente con un geotessile di filtro-separazione, che viene risvoltato su tutti i lati (almeno 50 cm di sovrapposizione). Sopra di esso viene aggiunto terreno granulare, compattato a strati fino a raggiungere la capacità richiesta di 45 kN/m².

Sovrastruttura per pavimentazioni stradali

Infine, viene creata la sovrastruttura stradale, come da specifiche di progetto.



Foto 10: Copertura con geotessile



Foto 11: Riempimento sul geotessile per fissarlo



Foto 12: Compattazione con un piccolo dispositivo tra le file di tunnel



Foto 13: Copertura degli elementi di tunnel

6 Service

6.1 Ispezione e manutenzione

Un vantaggio del sistema di tunnel DRAINMAX è la sua struttura aperta cava. È possibile eseguire il lavaggio completo del fondo e delle pareti del tunnel tramite un tubo di collegamento adatto, in quanto la permeabilità di questi elementi è determinante per le prestazioni di infiltrazione a lungo termine.

La capacità di infiltrazione può essere controllata misurando la variazione del livello dell'acqua. Se la capacità d'infiltrazione si discosta di più del 25% della portata in uscita, allora occorre determinarne la causa mediante un'ispezione con telecamera, e ad esempio si deve controllare lo spessore della sedimentazione.

L'area del tunnel di lavaggio può essere pulita e i sedimenti possono essere rimossi usando la procedura di pulizia con un ugello a getto ad alta pressione. Le aziende locali di pulizia delle fognature dispongono delle necessarie attrezzature per l'aspirazione, il risciacquo e la pulizia. Informazioni dettagliate sul sistema di ispezione, manutenzione e monitoraggio remoto sono disponibili sul sito www.intewa.de.



Foto 14: Sistema di pulizia del drenaggio



Foto 15: Lavaggio ad alta pressione

Nei sistemi di ritenzione a lungo termine, il sistema di regolazione dello scarico (valvola a farfalla) deve essere controllato per verificarne il movimento libero e la permeabilità. Informazioni dettagliate sui prodotti INTEWA sono disponibili all'indirizzo www.intewa.de.

6.2 Referenze

Il tunnel INTEWA DRAINMAX® è estremamente popolare sia in Germania che in altri paesi europei, con oltre 25.000 m³ installati. Potete consultare una serie di referenze all'indirizzo www.intewa.de.



Foto 16: Referenze

7. Contatti

Per i clienti in Italia:

Per assistenza tecnica e commerciale, per eventuali ordini e/o preventivi, si prega di contattare il nostro distributore, HARPO spa, al seguente indirizzo:



HARPO spa
Via Torino 34
34123 Trieste

Tel.: 0039-040-3186611
Fax: 0039-040-3186666

Email: info@harpogroup.it
Internet: www.harpogroup.it

Per i clienti in Germania e/o altri paesi:

Per assistenza tecnica e commerciale, per eventuali ordini e/o preventivi, si prega di contattare direttamente INTEWA GmbH al seguente indirizzo:

INTEWA GmbH
Auf der Hüls 182
52068 Aquisgrana

Tel.: 0049-241-96605-0
Fax: 0049-241-96605-10
Email: info@intewa.de
Internet: www.intewa.de



Harpo spa
tel. +39 040 3186611
fax +39 040 3186666
harpogroup.it

sede legale
via torino, 34
34123 trieste
italia

sede operativa
via caduti sul lavoro, 7
z.i. noghere 34015 muggia
trieste italia