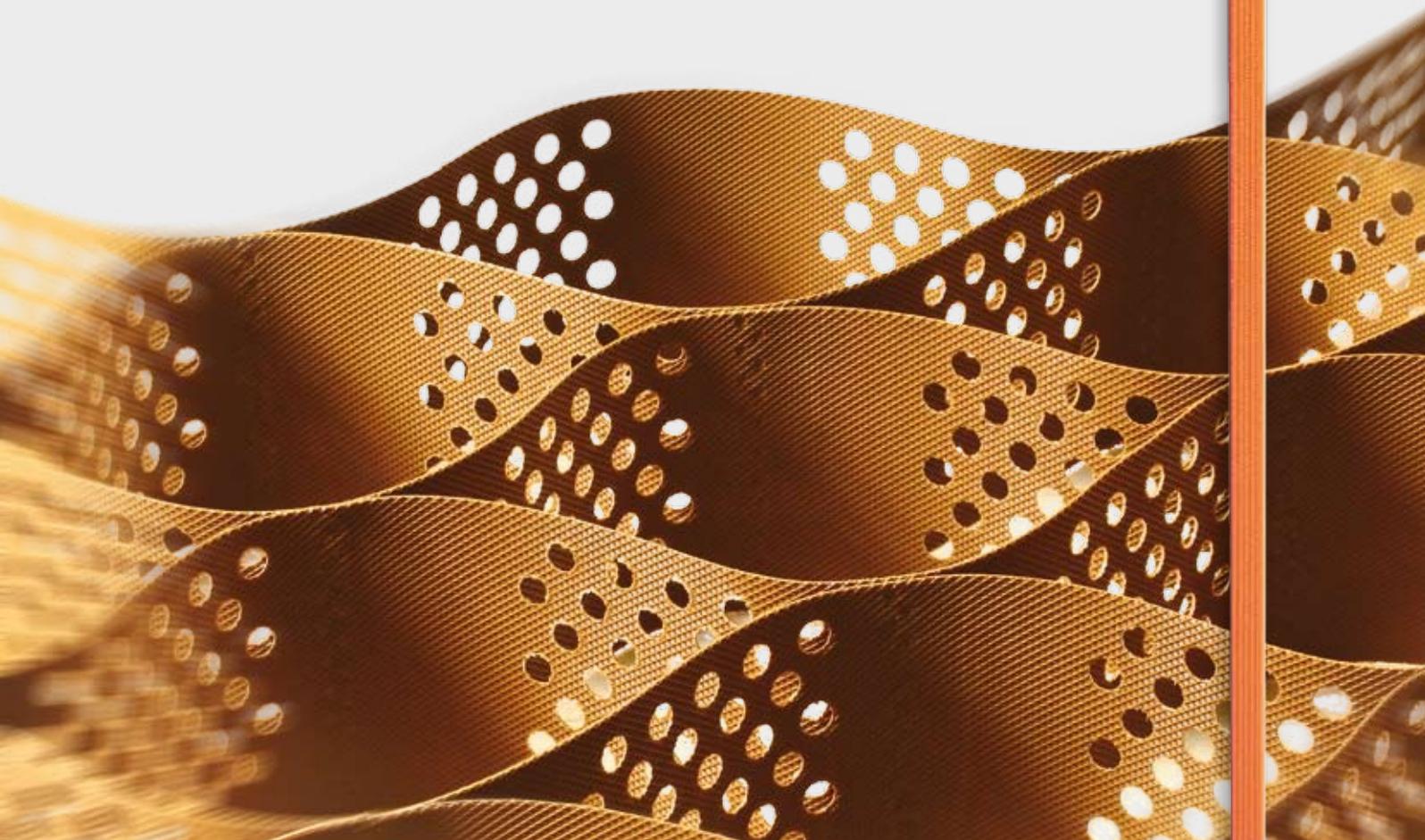




Neoweb[®]
sistema di stabilizzazione dei terreni



Neoweb® L'origine del sistema

Il sistema Neoweb®, originariamente nacque da un progetto sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers nel 1970 e solo recentemente è disponibile come tecnologia per l'ingegneria civile.

Il progetto militare aveva l'obiettivo di ricercare e sviluppare una tecnologia semplice e pratica che permettesse di incrementare la capacità portante dei terreni in modo da permettere la realizzazione di infrastrutture militari.

Tra le varie soluzioni, la più efficace si dimostrò la struttura tridimensionale polimerica realizzata da elementi esagonali da riempirsi con materiale sciolto non coesivo reperibile in sito.

Il principio di funzionamento del sistema è semplice e contemporaneamente efficace in quanto si basa sul concetto di confinamento laterale rigido del materiale di riempimento.

Applicando un carico esterno su un materiale granulare confinato si osserverà che esso tende ad espandersi verso l'esterno. Se la struttura che lo confina ha una rigidezza sufficiente a contrastare l'espansione laterale, si rileverà un netto miglioramento dei parametri geotecnici e meccanici del materiale di riempimento.

Applicando tale principio è possibile realizzare infrastrutture in aree caratterizzate da ridotte prestazioni portanti semplicemente confinando un materiale granulare nel sistema Neoweb®. Il materiale granulare da impiegare può essere quello disponibile in sito, oppure materiale inerte proveniente dalla fresatura di una pavimentazione esistente. L'unica caratteristica richiesta è che sia di tipo granulare non coesivo.

Le applicazioni tipiche del sistema Neoweb® trovano applicazione nella realizzazione di sovrastrutture stradali, ferroviarie, nella realizzazione di piazzali e ovunque vi sia la necessità di costruire sovrastrutture su terreni caratterizzati da scarsi valori della capacità portante.

Il problema

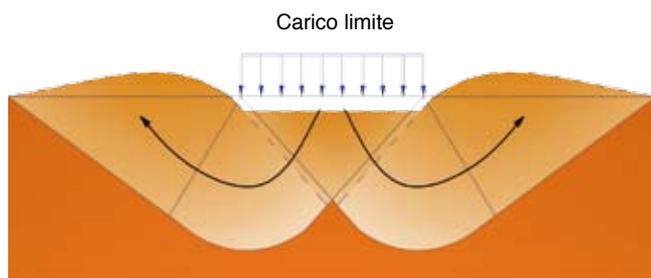
L'obiettivo principale della progettazione è quello di realizzare delle sovrastrutture in grado di possedere l'adeguata resistenza alle sollecitazioni esterne per l'intera vita utile di progetto. Per conservare nel tempo la funzionalità del sistema occorre porre particolare attenzione alla qualità, alla migliore combinazione e allo spessore dei componenti. Il sistema di stabilizzazione **Neoweb®** consente di realizzare una struttura tridimensionale semi rigida utilizzando il materiale granulare disponibile in sito, anche di tipo riciclato. In tal modo è possibile realizzare infrastrutture in aree prima precluse a causa dei ridotti valori di portanza del terreno di sottofondo basandosi su una tecnologia di confinamento tridimensionale che permette di elevare le caratteristiche tecniche del materiale granulare di riempimento.



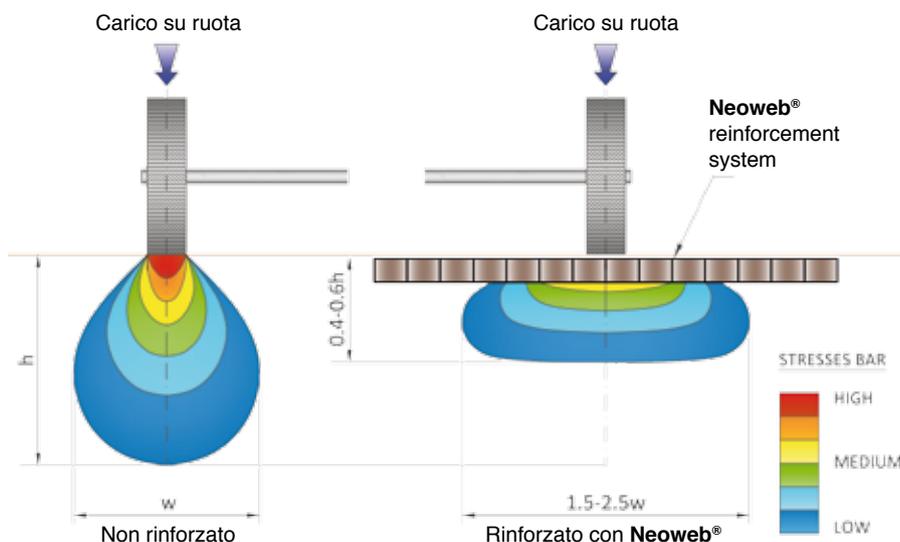
Tipologie	Campi di applicazione
Strade pavimentate	<ul style="list-style-type: none"> • Strutture con pavimentazioni flessibili in conglomerato bituminoso • Rifacimento di sovrastrutture ammalorate • Pavimentazioni autostradali • Rilevati stradali • Opere in trincea • Pavimentazioni ad alta permeabilità
Strade non pavimentate	<ul style="list-style-type: none"> • Strade di cantiere e di servizio • Pavimentazioni permeabili a verde, in ghiaia • Strade di accesso temporaneo (protezione civile) • Viabilità all'interno di riserve naturali
Sovrastruttura ferroviaria	<ul style="list-style-type: none"> • Confinamento del sotto ballast per nuove costruzioni ferroviarie • Rifacimento del ballast esistente • Rilevati ferroviari e sottopassi • Piazzali di parcheggio e piazzali di servizio
Piazzali, aree portuali, protezione di gasdotti	<ul style="list-style-type: none"> • Piazzali intermodali • Piste aeroportuali, bretelle di collegamento, piazzali di sosta aeromobili • Aree di parcheggio bus • Piazzali container, terminal, aree di deposito e stoccaggio • Protezione di serbatoi e gasdotti, oleodotti • Rampe di varo imbarcazioni • Rinforzo al piede di muri di sostegno

Principi di funzionamento del sistema Neoweb®

L'applicazione del carico limite, su una superficie non rinforzata, comporta l'innescio di un meccanismo di scorrimento ben definite che, partendo dall'impronta di carico, si sviluppano fino a livello di piano campagna. Il raggiungimento del carico limite comporta un collasso di tipo fragile, accompagnato da ulteriori cedimenti.



Prevedendo la posa del sistema Neoweb® (nanocomposito in Neoloy™ più riempimento non coesivo) il medesimo carico verrà ridistribuito su un'area più ampia con conseguente incremento della capacità portante del sottofondo, riduzione della tensione sollecitante e dei cedimenti differenziali. Tale azione può essere meglio compresa valutando la seguente figura:



Isobare del carico applicato rilevate sul terreno di sottofondo in condizioni non rinforzate e rinforzate con il sistema Neoweb®.

L'applicazione di un carico crea un bulbo di tensione che si propaga in profondità ed in ampiezza entro il terreno non rinforzato. Rilevando lo stato di tensione è possibile individuarne l'andamento dell'intensità nel volume interessato.

Applicando il medesimo carico sul sistema Neoweb® si osserva:

- l'assenza del picco tensionale (area rossa),
- la diffusione del carico su un'area maggiore (pari a 1,5 – 2,5 volte l'ampiezza dell'area non rinforzata)
- la riduzione delle intensità di tensione trasmesse, che in tal caso interessano una profondità massima pari a 0,4 – 0,6 volte la profondità nel caso non rinforzato.

Pertanto un terreno, a parità di valore di capacità portante, stabilizzato con il sistema Neoweb® è in grado di:

- ricevere carichi di intensità superiore
- a parità di carichi agenti è possibile ridurre gli spessori della sovrastruttura, oltre che l'utilizzo di un materiale granulare di riempimento avente caratteristiche inferiori a quelle usualmente previste. A tale scopo è possibile usare anche materiale proveniente dal riciclo del conglomerato bituminoso (RAP Pavimentazione Riciclata Asfaltata).

In tal caso i benefici si traducono in una:

- riduzione della quota di scavo,
- riduzione del volume del riempimento,
- riduzione dello spessore degli strati pavimentati.

La riduzione dei volumi richiesti comporta anche una riduzione dei trasporti richiesti per l'approvvigionamento con benefici ambientali indotti dalla riduzione della CO₂ emessa.

Il Neoloy™

I polimeri normalmente utilizzati in campo ingegneristico presentano un comportamento reologico complesso, suddivisibile in:

- **comportamento elastico:** caratterizzato da un legame biunivoco tra sforzi e deformazioni, in cui l'energia accumulata viene interamente restituita in fase di scarico. Tale stato consente di definire un valore del modulo di elasticità, che è unico in caso di linearità o variabile con l'entità della deformazione in caso di non linearità, e di presentare una stabilità dimensionale sotto l'azione ripetuta di carichi statici e cicli dinamici;
- **comportamento plastico:** caratterizzato da un campo di deformazione di tipo permanente (tra cui rientra anche il creep), che fa perdere la stabilità dimensionale della struttura

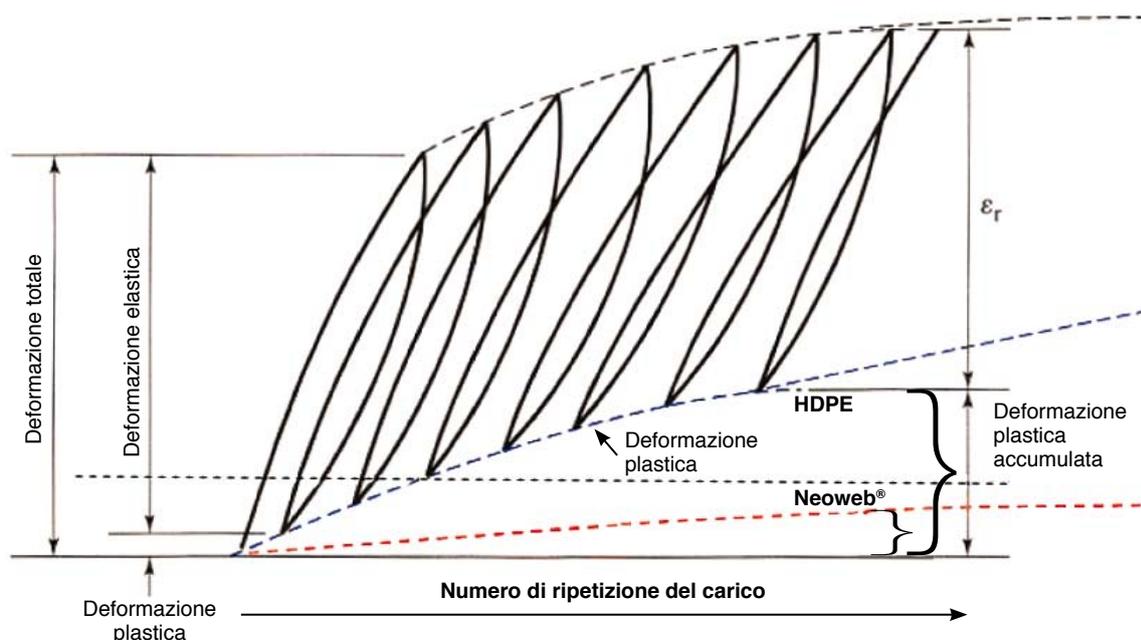
Poiché il sistema di stabilizzazione **Neoweb®** si attiva creando un'azione di confinamento laterale è essenziale che il materiale possenga un marcato comportamento elastico.

I polimeri presenti sul mercato sono tutti soggetti ad azioni di tipo viscoso che tendono ad amplificarsi sotto azioni di carico di tipo ciclico. L'idea è stata quella di sviluppare un nuovo tipo di materiale composito in grado di unire le prestazioni positive dei polimeri e limitarne il campo negativo. La ricerca ha interessato un periodo di sette anni, prima di rendere disponibile la lega polimerica **Neoloy™**.

Il **Neoloy™** è ottenuto impiegando una particolare tecnologia composita che permette di combinare la soluzione di **ALLOY** con le nano fibre di poliestere, in tal modo vengono esaltate le prestazioni strutturali del poliestere, tra cui il migliore comportamento in campo viscoso, con l'**ALLOY** che ne esalta la risposta elastica, ne incrementa il valore del modulo elastico, la stabilità dimensionale nel tempo e ne mantiene inalterate le prestazioni in un ampio intervallo di temperatura (+ 60°C ÷ - 70°C).

Il comportamento meccanico del **Neoloy™** è evidenziato nel seguente grafico, dove viene riportato lungo l'asse delle ascisse il numero di cicli di carico impressi al sistema e lungo l'asse delle ordinate viene riportato l'allungamento, suddiviso in campo elastico e campo plastico.

Le successioni di curve riportano i cicli di carico e scarico a cui è stato soggetto il sistema **Neoweb®** e un analogo sistema in HDPE. A parità di sollecitazione è possibile osservare come il sistema **Neoweb®** sia in grado di accumulare una percentuale minima di deformazione plastica, che risulta ridotta a circa 1/5 rispetto a quella del sistema in HDPE. Ricordiamo che nell'azione di confinamento l'accumulo di deformazione plastica comporta un'eccessiva deformazione della struttura con totale perdita della funzione di confinamento laterale.



Benefici ingegneristici indotti dal sistema Neoweb®

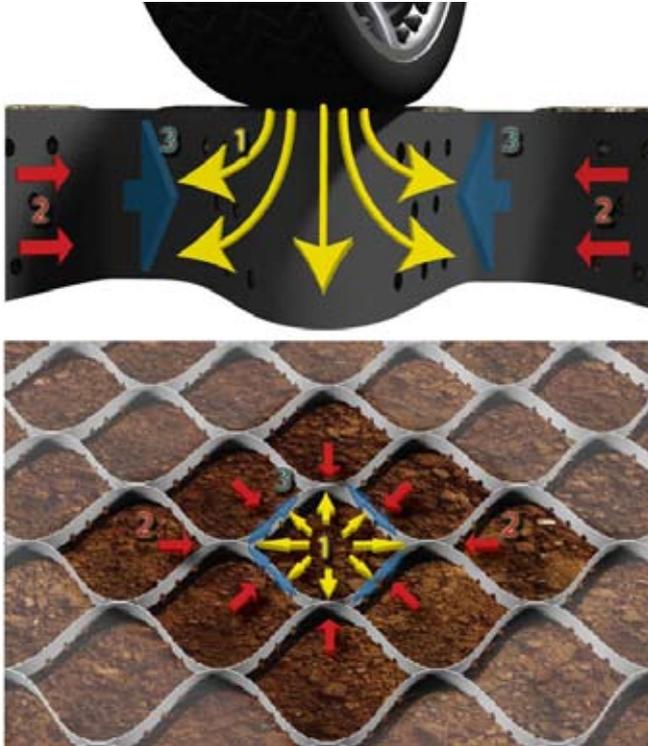
L'adozione della stabilizzazione di terreni con il sistema **Neoweb®** permette di avere:

- riduzione degli spessori della sovrastruttura, da computarsi in funzione delle caratteristiche del sottofondo, con valori che possono essere anche del 50%;
- incremento del modulo degli strati stabilizzati, di un valore variabile tra 3 e 5 a seconda della qualità del riempimento;
- riduzione dei costi a seguito della possibilità di utilizzo di materiale granulare (non coesivo) disponibile in sito per la realizzazione della fondazione granulare;
- incremento dei valori di capacità portante da 3 volte a 5 volte, in funzione della qualità del riempimento usato e una riduzione delle tensioni a livello di sottofondo del 50%;
- l'utilizzo della struttura tridimensionale in **Neoloy™** permette di ridurre il valore della deformazione permanente (incluso il creep), calcolato su una vita di progetto di 100 anni, ad un valore di 2,5 contro un fattore di 10 del HDPE;
- la struttura 3D non sviluppa solo un'azione di confinamento laterale dell'inerte ma consente di mantenere il valore della compattazione nel tempo e riduce l'azione dell'abrasione. In tal modo è possibile mantenere a lungo tempo l'efficienza della sovrastruttura e ridurre il periodo di manutenzione previsto a livello di sottofondo;
- il **Neoloy™** è in grado di mantenere le prestazioni originarie a lungo termine, riduce drasticamente il campo plastico consentendo di avere una struttura ad elevata stabilità dimensionale;
- sostenibilità ambientale ed economica, indotta dalla riduzione dei volumi di scavo, dalla riduzione del volume di riempimento, dalla riduzione del numero di mezzi richiesti per il trasporto dei volumi di materiali, comportano una riduzione delle emissioni di CO₂.



Il meccanismo di confinamento

Il meccanismo di confinamento attuato dal sistema **Neoweb®** è il risultato di un'azione tridimensionale descritta nel suo complesso dal seguente schema:



1. Tensione sollecitante
2. Resistenza di confinamento
3. Resistenza passiva degli elementi adiacenti

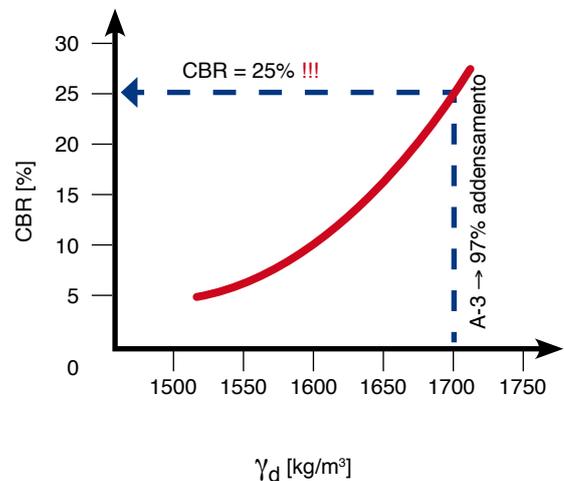
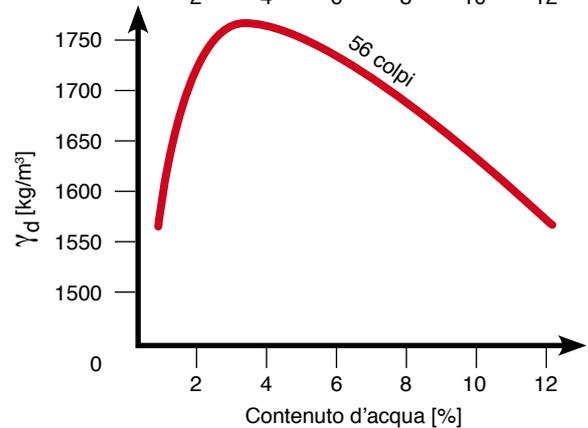
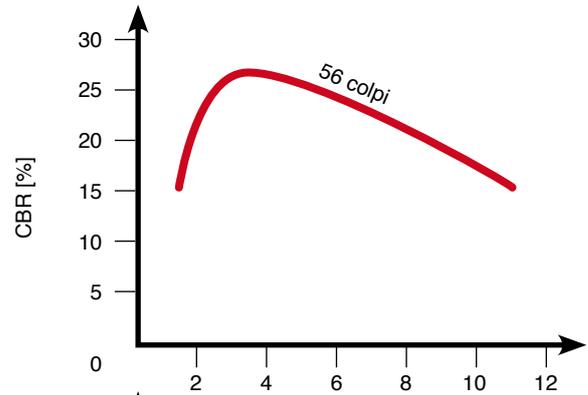
Il transito di un autoveicolo eserciterà una pressione pari al carico su ruota. Il carico viene trasmesso istantaneamente al materiale granulare di riempimento che reagirà con un'espansione laterale verso l'esterno. La struttura del **Neoweb®** si opporrà con la formazione di una tensione anulare proporzionale alla rigidità del **Neoloy™** e alla tensione sollecitante. Un'ulteriore contributo viene fornito dalle strutture periferiche, non soggette all'azione diretta del carico ma sollecitate dall'azione di espansione, tramite la formazione di una tensione radiale proporzionale alla spinta passiva.

Pertanto al transito del carico esterno si avrà la formazione di una macrostruttura ad elevata rigidità (effetto soletta semi rigida), in grado di ridistribuire le sollecitazioni verso il terreno di sottofondo e di consentire il transito di carichi più elevati a parità di parametri di sottofondo.

Una semplice verifica dell'azione di confinamento esercitata dal sistema **Neoweb®** è quella di eseguire un test in laboratorio per la valutazione del CBR.

La prova CBR consiste nel misurare la pressione massima da esercitare sul campione in esame per far penetrare di 2,5 mm in 2 minuti un pistone cilindrico di 20 cm² e nel rapportare questa pressione con il valore ottenuto da un materiale standard composto da graniglia e pietrischetto.

Confinando della sabbia, di CBR variabile dal 5% al 10%, con il sistema **Neoweb®** ed eseguendo la prova CBR è possibile ottenere un incremento da 2,5 a 5 volte quello iniziale.



A-3 (SP) attivate CBR = 5 ÷ 10%

$$\text{CBR Ratio} = \frac{\text{CBR confinato}}{\text{CBR non confinato}}$$

$$\text{CBR Ratio} = 2.5 \div 5$$

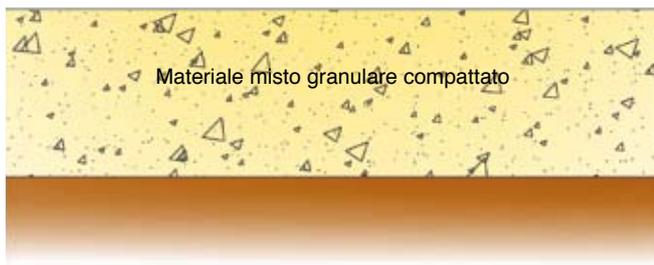
$$\text{CBR Ratio} = \text{Modulus Ratio}$$

$$\frac{\text{Modulo confinato}}{\text{Modulo non confinato}}$$

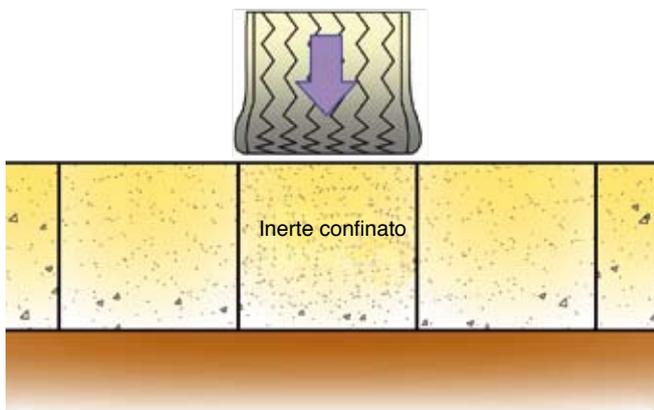
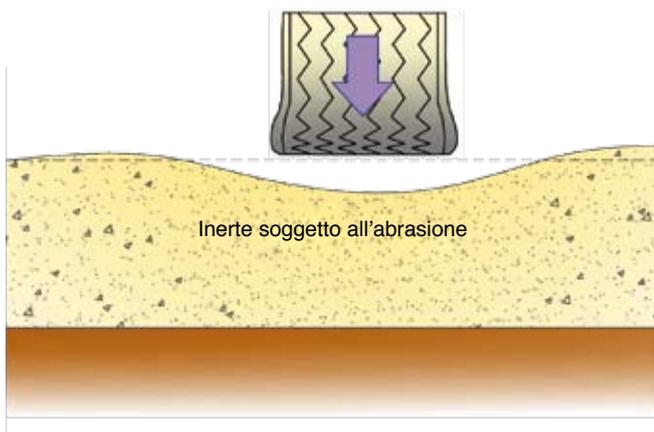
Abrasiono dell'inerte

Il materiale granulare di una fondazione è soggetto al fenomeno naturale dell'abrasione. Si tratta di una perdita di massa indotta dai carichi esterni che tendono a far urtare fra di loro le particelle di inerte.

Impiegando il sistema **Neoweb®** il materiale granulare di riempimento, pur essendo sottoposto ai carichi dinamici ripetuti nel tempo, verrà minimamente interessato dall'azione di urto in quanto il sistema consente il confinamento e quindi riduce notevolmente la possibilità di abrasione tra gli elementi di inerte. Ne consegue una ridotta perdita di massa e quindi un mantenimento nel tempo degli spessori di progetto.



Abrasiono dell'inerte a seguito di carichi ciclici



Non rinforzata

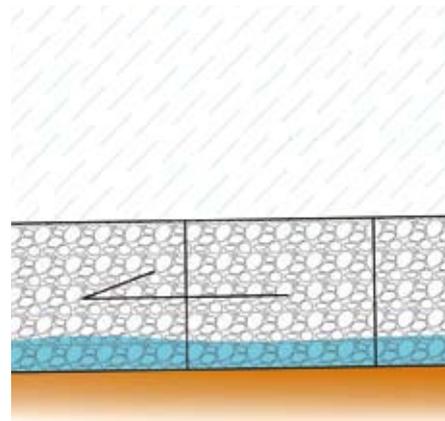


Rinforzata con **Neoweb®**



Drenaggio

Il sistema **Neoweb®** viene normalmente impiegato a diretto contatto con il terreno di sottofondo. Deve quindi essere in grado di sviluppare la propria azione di stabilizzazione anche in condizioni di totale o parziale saturazione. Al fine di evitare la nascita di sovrappressioni interstiziali indesiderate, il sistema **Neoweb®** è fornito di una serie di canalizzazioni studiate appositamente per permettere la libera circolazione dei fluidi eventualmente contenuti nel volume di confinamento.



Densità superficiale 6-10% di canalizzazioni



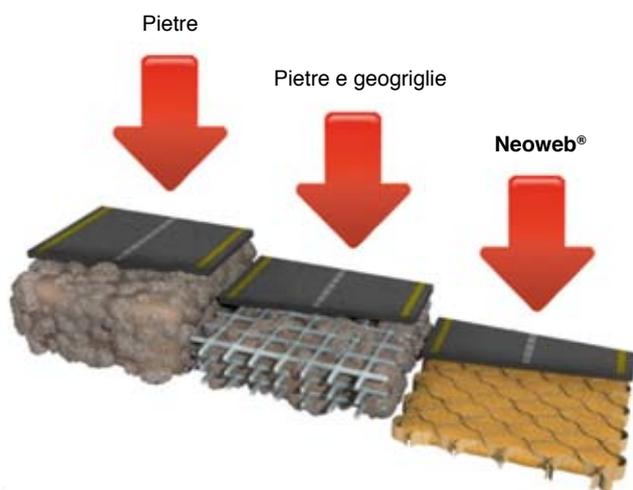
Prestazioni Geogriglie / Neoweb®

Nella realizzazione delle sovrastrutture è sempre più diffuso l'impiego di geotessili, geogriglie e non tessuti. Essi permettono di svolgere principalmente le funzioni di filtrazione, separazione e rinforzo dei terreni.

La funzione rinforzo viene esercitata dai geotessili e dalle geogriglie. Il sistema **Neoweb®** porta un'innovazione in questo campo perché permette di svolgere un'azione di rinforzo tridimensionale = stabilizzazione del materiale granulare di riempimento.

Risulta così possibile incrementare le caratteristiche geotecniche e la rigidità del materiale di riempimento in modo da realizzare una struttura semi rigida al passaggio del carico.

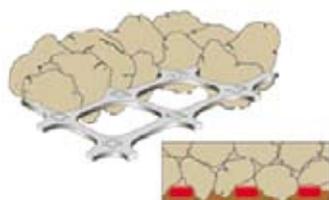
Anche le geogriglie svolgono un'azione di stabilizzazione, ma a causa della loro conformazione il risultato è limitato a pochi centimetri.



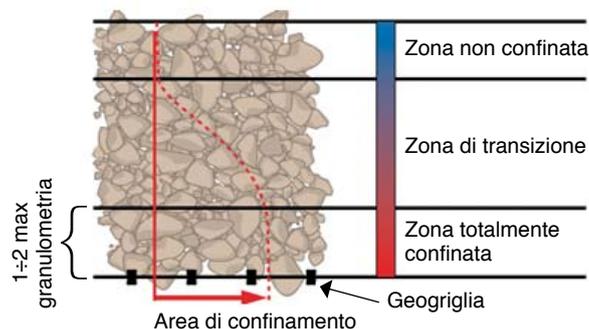
Geogriglie

Le geogriglie sono strutture bidimensionali che sono in grado di svolgere un'adeguata azione di rinforzo e stabilizzazione dei terreni qualora vengano ad interagire con del materiale di adeguata granulometria.

Il loro corretto impiego comporta l'uso di un inerte di caratteristiche proporzionali alla dimensione della maglia e il valore dello spessore massimo di confinamento è di 40 mm.



1. Necessità di una specifica granulometria
2. Vincolo nelle dimensioni max dell'inerte (1/2 apertura maglia - 19 mm. max)
3. Limitata area di confinamento (1:2 max dimensione inerte - 40 mm. max)

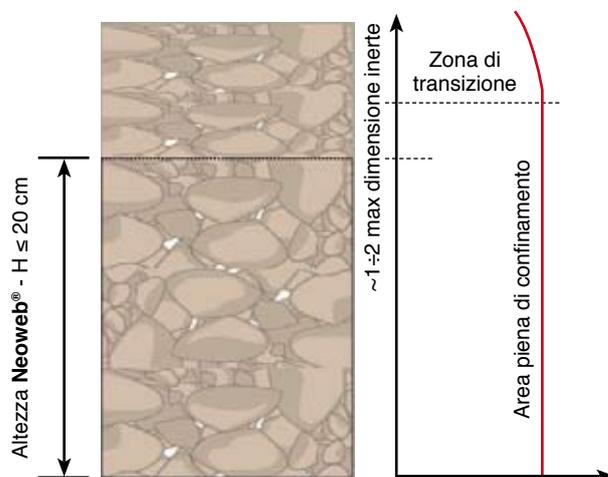


Neoweb®

Il sistema **Neoweb®** è un sistema tridimensionale e lo spessore di confinamento viene valutato come somma tra l'altezza propria della struttura e l'altezza determinata con le considerazioni sviluppate per le geogriglie.

Tenendo conto che mediamente le soluzioni progettuali si orientano verso un'altezza della struttura di 150 mm, si avrà uno spessore di confinamento minimo di 150 mm, a cui si dovrà sommare il valore dell'altezza influenzata dalla dimensioni dell'inerte.

Considerando che le aperture degli elementi che compongono la struttura hanno dimensioni superiori alle maglie di una geogriglia ne consegue uno spessore totale di confinamento non eguagliabile dalle tecnologie di rinforzo attualmente disponibili.



Altezza del **Neoweb®** = pieno confinamento

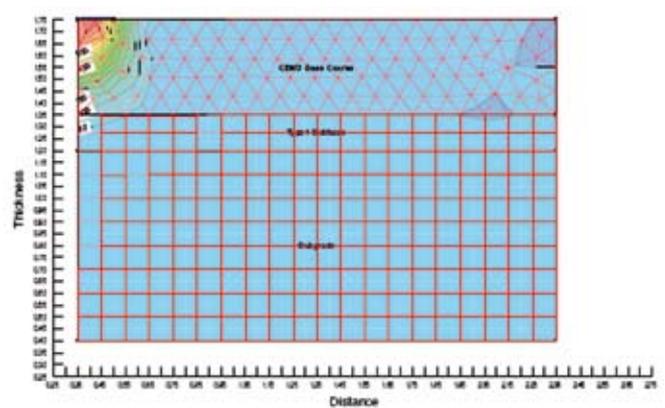
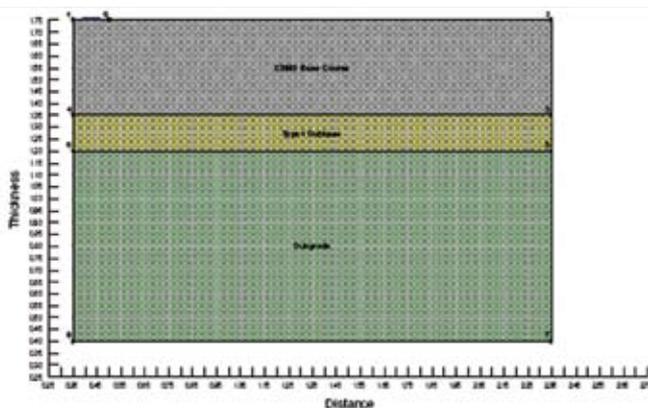
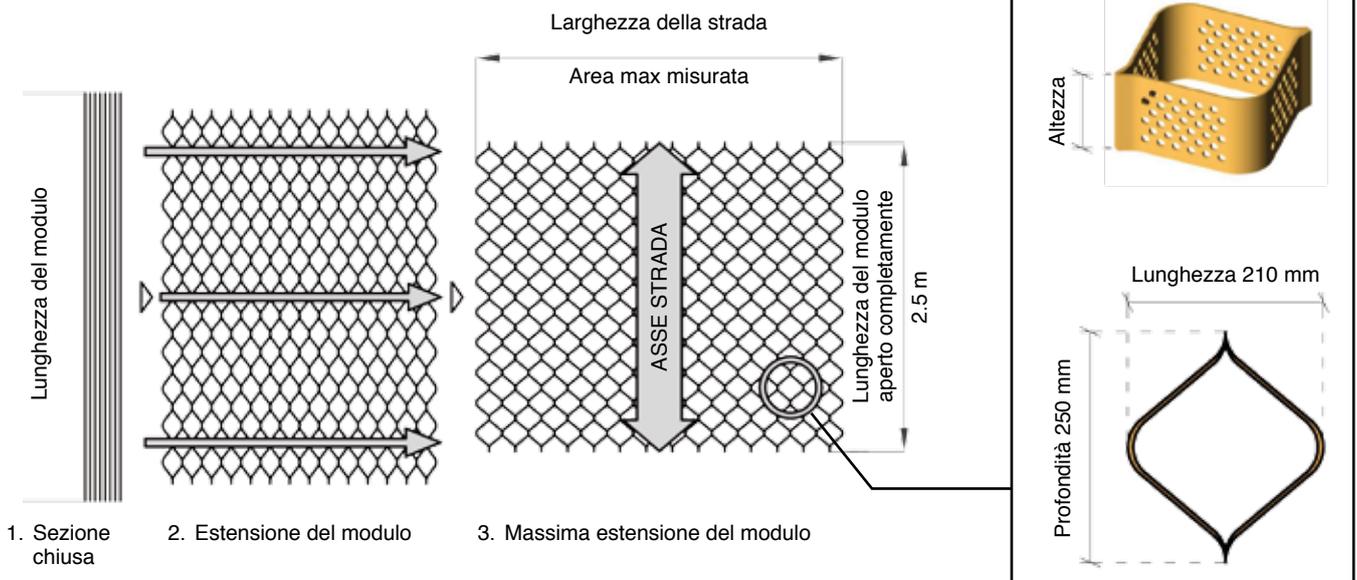
La progettazione

Il sistema **Neoweb®** viene rigorosamente dimensionato da un apposito software di calcolo sviluppato per eseguire il calcolo di una struttura pavimentata (asfalto, cemento, autobloccanti ecc..) o non pavimentata.

La metodologia di calcolo adottata fa riferimento alla pubblicazione:

“DESIGN OF NEOWEB GEOCELL REINFORCED BASES” inerente alle ricerche condotte da: Prof. Jie Han, Xiaoming Yang e Robert L. Parson, Department of Civil Environmental and Architectural Engineering the University of Kansas USA; Prof. Dov Leshchinsky Department of Civil and Environmental Engineering The University of Delaware USA.

Il metodo di progettazione segue inoltre le indicazioni AASHTO 1993 opportunamente modificate per tenere conto del sistema **Neoweb®** 3D, per tale motivo è essenziale definire i parametri relativi al sottofondo, alle caratteristiche dei materiali di riempimento, alle condizioni della pavimentazione e ai carichi applicati (carico massimo per asse, numero di veicoli al giorno transanti, categoria della strada, vita utile).



Accreditamenti

Il sistema **Neoweb**® è stato oggetto di molti studi e sperimentazioni in sito da parte dei principali enti universitari, istituti geotecnici e agenzie governative dei trasporti (stradali e ferroviarie) in diverse parti del mondo, ricordiamo come esempi:

Bibliografia tecnica reperibile sul sistema neoweb

Webster, S.L. Investigation of Beach Sand Trafficability Enhancement Using Sand Grid Confinement and Membrane Reinforcement Concepts. Report GL-79-20 (1) U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS 1979

Rea, M., e J. K. Mitchell. Sand Reinforcement Using Paper Grid Cells. Regular Meeting – Rocky Mountain Coal Mining Institute. 1978, pp. 644-663

Garidel, R. e G. Morel. New Soil Strengthening Techniques by Textile Elements for Low Volume Roads. Road and Railway Applications, Third International Conference on Geotextile, 1986, Vienna, Austria

Jammnejad, G., G. H. Kazerani, R. C. Harvey, and J. D. Clarke. Polymer Grid Cell Reinforcement in Pavement Construction. The 1986 International Conference on Bearing Capacity of roads and Airfields. September 16-18, 1986, Plymouth, England

Kazerani, B. and G. H. Jammnejad. Polymer Grid Cell Reinforcement in Construction of Pavement Structures. Section 1A, Unpaved and Paved Roads. Geosynthetic '87 Conference, New Orleans, USA 1987

Bathurst, R. J. and P. M. Jarret. Large Scale Model Tests of Geocom Mattresses over Peat Subgrades. Transportation Research Record 1188, 1989, pp. 28 – 36

Shimizu, M. and T. Inui. Increase in the Bearing Capacity of Ground with Geotextile Wall Frame. Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Den Hoedt (ed.), Balkema, rotterdam. 1990, pp. 254

Mhaikar, S. Y., and J. N. Mandal. Comparison of Geocell and Horizontal Inclusion for Paved Road Structure. Earth Reinforcement Practice, Ochiai, Hayashi and Otani, Balkema, Rotterdam, 1992

Bathurst, R. J. and R. Karpurapu. Large Scale Triaxial Compression Testing of Geocell Reinforced Granular Soils. Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 16, No. 32, 1993, pp. 296-303

Rajagopal, K., N.R., Krishnaswamy, and G.M. Latha. Behaviour of Sand Confined With Single and Multiple Geocells. Geotextiles and Geomembranes. Vol. 17, 1999, pp. 171 -184.

Dash, S.K., K. Rajagopal, and N.R. Krishnaswamy. Performance of Different Geosynthetic Reinforcement Materials in Sand Foundations. Geosynthetics International, 11, No. 1, 2004, PP.35-42

Latha, G.M., and V.S. Murthy. Effects of Reinforcement Form on the Behavior of Geosynthetic Reinforced Sand. Geotextiles and Geomembranes, Vol. 25, 2007, pp 23-32

Mengelt, M.J., T.B. Edil, and C.H. Benson. Resilient Modulus and Plastic Deformation of Soil Confined in a Geocell. Geosynthetic International, Vol. 13, No 5, 2006, pp. 195-205

Chang, D T., C H. Chang, and S.W. Pai. Investigation of Bearing Capacity and Dynamic-Elastic Behavior of Mechanical Stabilization of Sandy Subgrade Using Geocells. Transportation Research Board Annual Meeting CD-ROM, 2007

Bathurst, R.J., and R. Karpurapu. Large-Scale Triaxial Compression Testing of Geocell-Reinforced Granular Soils. Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 16, No. 32, 1993, pp. 296-303

Rajagopal, K., N.R., Krishnaswamy, and G.M. Latha. Behaviour of Sand Confined With Single and Multiple Geocells. Geotextiles and Geomembranes. Vol. 17, 1999, pp. 171 -184.

Latha, G.M., and V.S. Murthy. Effects of Reinforcement Form on the Behavior of Geosynthetic Reinforced Sand. Geotextiles and Geomembranes, Vol. 25, 2007, pp 23-32.

Zhou, H., and X. Wen. Model Studies on Geogrid or Geocell-Reinforced Sand Cushion on Soft Soil. Geotextiles and Geomembranes. 2007, Vol. 26, Issue 3, 2008, pp. 231-238.

Han, J., Y. Zhang, and R.L. Parsons. Development of a Performance-Based Laboratory Test Method for Evaluating Geosynthetic-Soil Confinement. Transportation Research Board 87 Annual Meeting January 13 17, 2008, Washington, D.C.

Pokharel, Han, Leshchinsky, Parsons and Halahmi. Experimental Evaluation of Influence Factors for Single Geocell Reinforced Sand. Submitted to the Geosynthetics Committee (AFS70). Presented at the US Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington D.C.. January 11-15,2009

Kief O., Karpurapu R., Three Dimensional Cellular Confinement System Contribution to Structural Pavement Reinforcement. Presented at the Geosynthetics India '05, Hyderabad, India

Effect of Infill Material on the Performance of PRS-Neoweb-reinforced Bases, 9th International Geosynthetics Congress, Brazil, Han, et al, (2010)

Creep Deformation of Geocell-reinforced Recycled Asphalt Pavements, GeoFrontiers, Dallas, Thakur, Han, et al (2010)

Tough Cells – Neoloy-based PRS-Neoweb for Sustainable Roadway Applications, Roads and Bridges, Han, et al (2011)

Accelerated Pavement Testing of Unpaved Roads with Geocell-Reinforced Sand Bases, Transportation Research Board, Florida, Yang, Han, et al (2011)

Studies on Geocell Reinforced Road Pavement Structures, Geosynthetics Asia 2012, Thailand, Rajagopal, et al (2013)

Compaction "Rodeo" Field Demonstration and Subgrade Geosynthetic Reinforcement, Center for Earthworks Engineering Research (CEER), SHRP 2 Renewal Project R02, White, et al (2012)

Onsite Use of Recycled Asphalt Pavement Materials and Geocells to Reconstruct Pavements Damaged by Heavy Trucks, Mid-America Transportation Center Report 462, Han, et al (2012)

SHRP 2 (US Strategic Highway Research Program – Geotechnical Solutions for Soil Improvement, Rapid Embankment Construction and Stabilization of Pavement Working Platform (Dr. David White, et al, Iowa State University)



Stabilizing an unstable world!

About PRS

PRS is the world's leading supplier of cost-effective earth stabilization solutions. Combining unique proprietary technology with specialized engineering expertise, **PRS** delivers proven solutions for load support, slope and channel protection, earth retention, and reservoir and landfill applications. With a global network of regional offices and local distributors, **PRS** provides a full range of end-to-end support services. Since its establishment in 1996, **PRS** has implemented hundreds of successful projects in over 40 countries worldwide

Fattore di miglioramento del sottofondo (SIF Subgrade Improvement Factor)

Il metodo di progettazione SIF è utilizzato per quantificare i benefici indotti dall'utilizzo del sistema **Neoweb®** a livello di sottofondo (riferimento Prof. Rajagopal, Indian Institute of Technology, Madras).

Utilizzando il sistema **Neoweb®**, con un materiale di riempimento di natura non coesiva di qualità standard, il valore del CBR del terreno di sottofondo subisce un incremento dato dalla tabella a fianco:

	Intensità del traffico AASHTO						
	1	2	3	4	5	6	7
	1 – sporadico $0.0 - 3.8 \times 10^4$ 7 – molto pesante $1.5 \times 10^7 - 8.0 \times 10^7$						
CBR in sito (%)	Neoweb® SIF						
≤ 1.0	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	2.8
2.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.8	2.7
3.0	2.8	2.8	2.9	2.7	2.7	2.6	2.5
4.0	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3
5.0	2.2	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	2.0
6.0	2.0						
7.0	1.7						
8.0	1.5						

Categorie del traffico	Classe	Numero di assi standard passanti (18.000 libbre ~ 8,2 ton) in accordo con AASHTO
Sporadico	1	$0 - 3,8 \times 10^4$
Molto Leggero	2	$3,8 \times 10^4 - 1,0 \times 10^5$
Leggero	3	$1,0 \times 10^5 - 3,6 \times 10^5$
Medio leggero	4	$3,6 \times 10^5 - 1,2 \times 10^6$
Medio pesante	5	$1,2 \times 10^6 - 5,5 \times 10^6$
Pesante	6	$5,5 \times 10^6 - 1,5 \times 10^7$
Molto pesante	7	$1,5 \times 10^7 - 8,0 \times 10^7$

Esempio: si debba progettare una sovrastruttura stradale di categoria 6, le prove in sito o di laboratorio hanno permesso di determinare un valore del CBR del terreno di sottofondo di progetto pari al 3,00%.

Usando il sistema di stabilizzazione **Neoweb®**, con riempimento di materiale granulare standard, si potrà avere un incremento del CBR di progetto di 2,60, quindi il nuovo CBR di progetto può essere assunto pari a 7,80%.

Categoria del traffico	Valore CBR di progetto [%]	Neoweb® SIF	Valore CBR di progetto con Neoweb® [%]
6	3,00	2,6	7,80

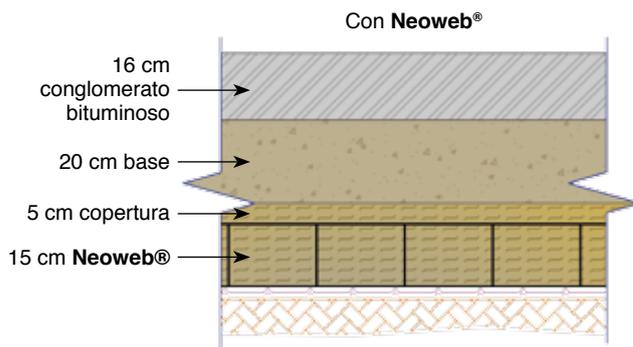
Benefici e campi di applicazione

Le numerose applicazioni realizzate in tutto il mondo hanno permesso di rilevare i benefici ottenibili progettando le sovrastrutture con il sistema **Neoweb®**.

- **Progettazione di nuove pavimentazioni in conglomerato bituminoso**
- **Case History** - Progettazione della SS7, strada di grande comunicazione in Polonia.
- **Rifacimento di pavimentazioni esistenti mediante riutilizzo del conglomerato bituminoso precedentemente freato (tecnica RAP)**
- **Pavimentazione ad alta permeabilità**
- **Pavimentazioni portuali**
- **Case History** - Porto di Haifa
- **Pavimentazioni aeroportuali**
- **Sovrastrutture ferroviarie**

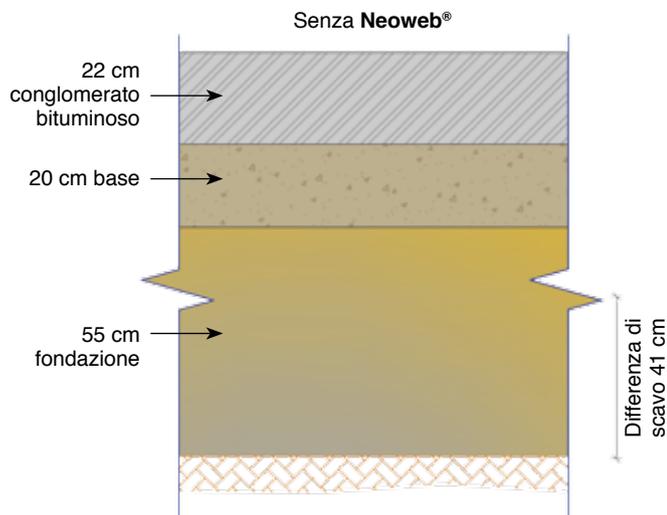
Progettazione di nuove pavimentazioni in conglomerato bituminoso

Rispetto un dimensionamento tradizionale, la progettazione condotta con il sistema **Neoweb®** può portare ad una riduzione del 42% della fondazione stradale e a una riduzione del 27% dello spessore del conglomerato bituminoso.



42%
risparmio
inerte

27%
risparmio
conglomerato
bituminoso



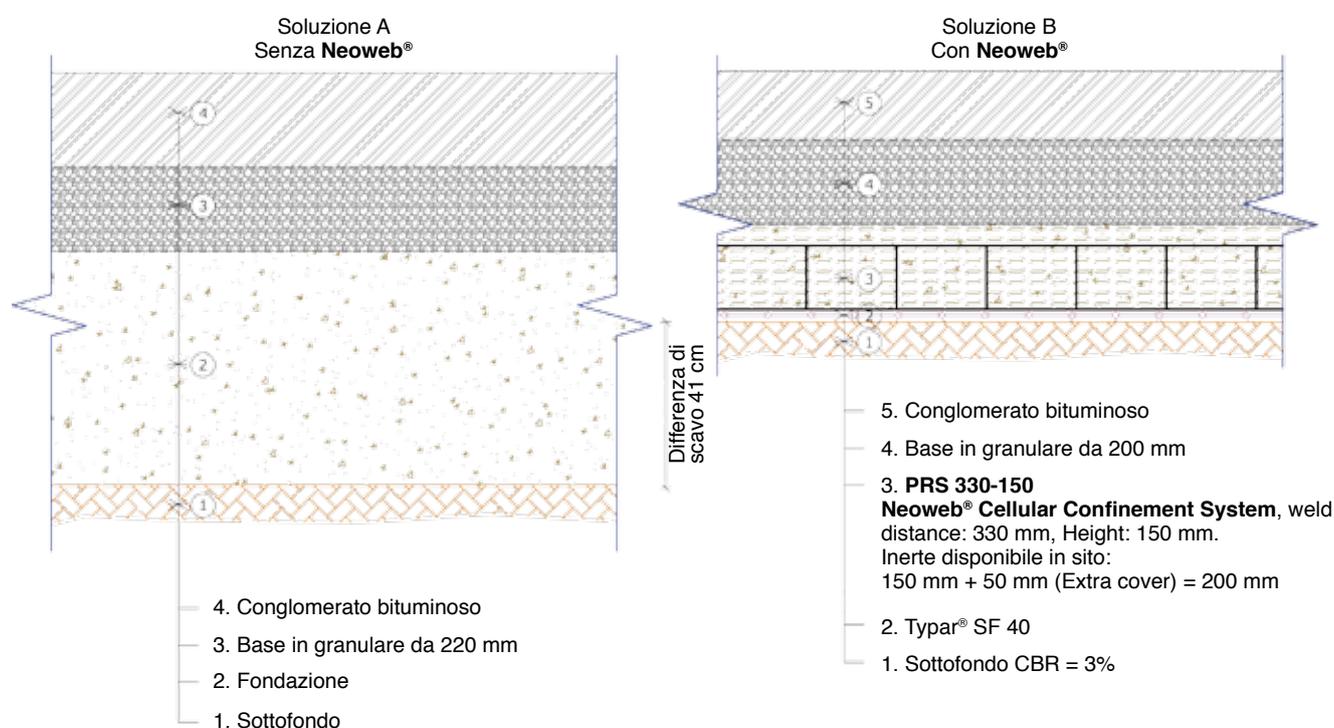
Case History

Progettazione della SS7, strada di grande comunicazione in Polonia.

Il sistema è stato applicato con successo in ogni parte del mondo, nel campo del rinforzo stradale riportiamo i risultati ottenuti nella progettazione e nella messa in esercizio della SS7 dal 2007.

Parametri della strada
Lunghezza 100 km
Larghezza 24 m
Superficie totale 2.400.000 m ²
Traffico e portanza
CBR 3%
Asse equivalente da 8,2 tonn (18.000 libbre) W18 = 55,1 x 10 ⁶ passaggi

Il dimensionamento strutturale con il **Neoweb®** ha permesso di modificare la stratigrafia di progetto (soluzione A) con quella realizzata (soluzione B).



Benefici economici ottenuti

La variante di progetto ha comportato una riduzione della profondità di scavo di 350 mm e una riduzione dello spessore del conglomerato bituminoso di 60 mm per una riduzione totale di 410 mm.

La riduzione economica dei costi è rilevabile nella seguente tabella, ove si è tenuto conto della superficie realizzata (2.400.000 m²), il risparmio di 55 cm di misto granulare per fondazione stradale, che è stato interamente sostituito con materiale granulare disponibile in sito al minor costo con CBR ≥ 40%.

Le valutazioni sono espresse in termini economici in dollari americani.

Case History
Quantificazione del minor costo

Parametri	Volumi non realizzati (m ³)	Riduzione % dei costi
Movimento terra (sbancamento/riempimento)	1.968.000	46%
Materiale misto granulare per fondazione secondo prescrizione tecnica originale non usato (0,55 cm)	1.320.000	100%
Tappetino in cb superficiale (binder + usura)	144.000	27%
Bilici da 16 m ³ per trasporto inerte non transitanti per riduzione spessori (0,41 m x 2.400.000 m ² x 2)	123.000	46%
Costruzione – ore non lavorate per la riduzione degli spessori	1.968.000	42%

Risparmio totale

Parametri	Non rinforzata costo totale \$US/m ²	Rinforzata costo totale \$US/m ²	Riduzione di costo \$US/m ²	Riduzione costo %	Risparmio totale del costo del progetto \$US
Risparmio del costo iniziale di costruzione	48,8	39,2	9,6	20%	23.010.240
Risparmio sul costo della manutenzione	19,4	5,9	14,0	70%	33.508.800
Risparmio totale come costo iniziale + 10 anni di manutenzione (2.400.000 m ²)	68,7	45,1	23,6	34%	56.519.040

Benefici ambientali.

In alcune aree europee la proposta di variante deve apportare dei contributi ambientali, maggiore è il beneficio ottenibile migliore è considerato il progetto, per tale motivo il proprietario della struttura può ottenere delle notevoli riduzioni fiscali a fronte della quantità di CO₂ non emessa nell'ambiente.

Per il progetto della SS7 i benefici ambientali ottenuti sono di seguito riportati.

Movimento terra (sbancamento / riempimento)	1.968.000 m ²
Trasporto da cava di prestito 123.000 m ³	50 km distanza media di percorrenza
Risparmio di carburante (fonte US Department of Energy) (2.44 km/l diesel)	15.000.000 litri
Emissioni (fonte US Department of Energy) CO ₂ non emesso (2.68 kg/l)	40.000 ton. CO ₂

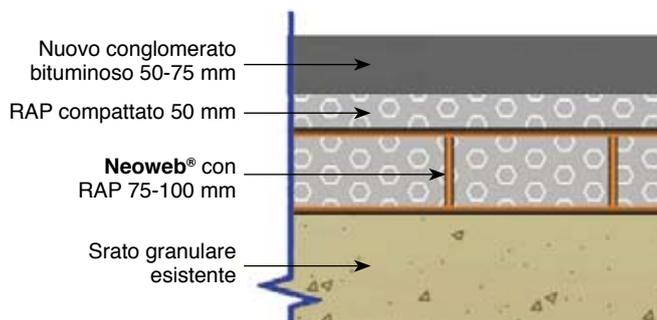
Rifacimento di pavimentazioni esistenti mediante riutilizzo del conglomerato bituminoso precedentemente fresato (tecnica RAP)

Manutenzione di sovrastrutture ammalorate.

Il rifacimento di una sovrastruttura stradale comporta la fresatura del conglomerato bituminoso esistente. Tale conglomerato può essere impiegato nel sistema **Neoweb®** per il risanamento della pavimentazione.

Tale tecnologia, nota come RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), trova largo impiego negli U.S.A. ed in Europa e operativamente consiste nell'eseguire una scarifica del conglomerato bituminoso, sino ad intercettare il materiale granulare realizzante la fondazione stradale, e l'impiego dello stesso per realizzare il nuovo strato di base sopra cui verranno realizzati lo strato di binder e di usura.

Una tipica sezione ripristinata viene riportata nella figura sottostante, in cui il piano di posa è realizzato dal misto granulare esistente in precedenza. Sopra di esso viene installato il sistema di stabilizzazione **Neoweb®**, usualmente nel modello da 75-100 mm di altezza che verrà riempito con il conglomerato bituminoso precedentemente fresato sino a raggiungere un'altezza compattata eguale all'altezza del sistema più un franco di 50-75 mm. Tale strato realizza lo strato di base della pavimentazione sopra cui si provvederà a realizzare lo strato di binder e usura per uno spessore variabile dai 50 ai 75 mm, a seconda delle esigenze progettuali.



Benefici del Neoweb® / RAP

- Il **Neoweb®** incrementa la rigidità del riempimento RAP consentendo una redistribuzione dei carichi
- consente un miglioramento della capacità portante del sottofondo di un fattore di 2 – 3 superiore al valore del CBR rilevato senza rinforzo
- la ridotta stratigrafia riduce i costi di costruzione e i tempi di esecuzione
- consente l'impiego del 100% del materiale fresato (RAP)
- limita la richiesta di materiale granulare di buona qualità
- il confinamento consente di mantenere più a lungo le prestazioni del riempimento granulare, consentendo di avere un fattore di durabilità di 3 volte superiore rispetto al materiale granulare non confinato, oltre che a mantenere nel tempo il grado di addensamento ricevuto in fase di costruzione. Questo permette di allungare i tempi di manutenzione della sovrastruttura
- al materiale di riempimento non è richiesto uno specifico fuso granulometrico, il diametro massimo del riempimento è pari a 1/3 della dimensione degli elementi della struttura (aventi dimensioni variabili dai 21 ai 29 cm).



Fresatura della pavimentazione ammalorata



Immediatamente carrabile

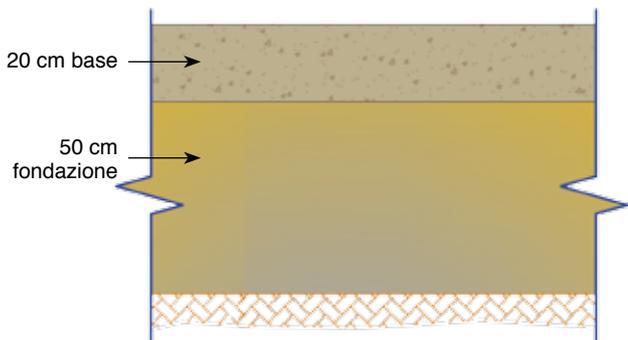


Riempimento

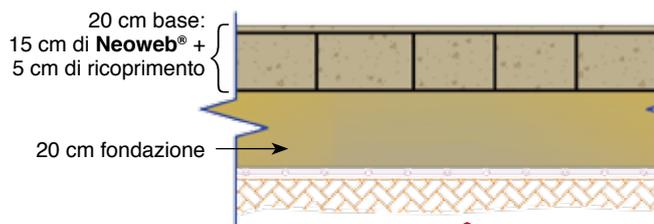
Pavimentazione ad alta permeabilità

La progettazione di una strada ad alta permeabilità (ad esempio in ghiaia) con il sistema **Neoweb®** può portare ad una riduzione del 60% del materiale inerte di fondazione rispetto ad una progettazione tradizionale, oltre che la possibilità di utilizzare materiale inerte di qualità inferiore.

Senza **Neoweb®**



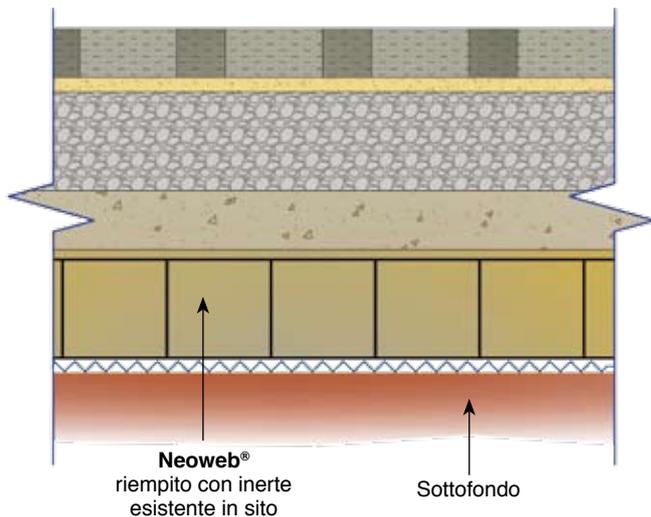
Con **Neoweb®**



Pavimentazioni portuali

La progettazione con il sistema **Neoweb®** permette la realizzazione di piazzali con autobloccanti in conglomerato bituminoso in cemento e ad alta permeabilità (in materiale granulare).

In tutti i casi la sovrastruttura fornisce un notevole incremento di rigidità che permette di ridurre sensibilmente la stratigrafia originariamente prevista.



Case History
Progettazione della pavimentazione per carichi pesanti del porto di HAIFA

La soluzione **Neoweb® PRS** è stata impiegata con successo nel rifacimento di piazzali portuali. Il lavoro presentato fa riferimento ad una variante di progetto del porto di Haifa che ha permesso un risparmio economico a fronte di un mantenimento delle prestazioni richieste alla pavimentazioni. Il lavoro è stato eseguito nel 2008 interessando una parte dell'area portuale e, a fronte dei risultati ottenuti, si è deciso di intervenire sulle parti rimanenti nel 2009 e negli anni successivi seguendo un prestabilito piano di manutenzione. Di seguito vengono presentati i principali parametri di progetto assunti, quali entità e tipi di carichi gravanti, caratteristiche meccaniche dei materiali coinvolti, stratigrafia originaria e quella realizzata.



Parametri di progetto
Portanza del terreno valutata con prova SPT, valore minimo 4
Carichi permanenti indotti dai container, valore di 120 kg/cm ²

Soluzione tradizionale

Strato	Spessore	Unità di misura
Pavimentazione con autobloccanti	8	cm
Strato di sabbia	3	cm
2 x strati di stabilizzato a cemento (5%)	2 x 20	cm
Fondazione in misto granulare Tipo I	20	cm
Spessore totale	71	cm

Proprietà degli strati

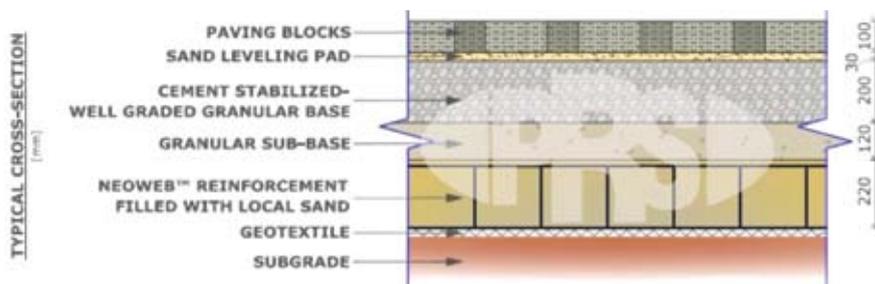
Strato	Modulo elastico (N/mm ²)	Coefficiente di Poisson
Superficie	4.000	0,15
Base C _{8/10} *	40.000	0,15
Fondazione non legata	500	0,30
Sottofondo	10 x CBR	0,40

* valori prestazionali definiti nelle Raccomandazioni UK Highways Agency e nel Manuale Heavy Duty Pavements – Edition 4

Soluzione adottata con Neoweb® PRS

Strato	Spessore	Unità di misura
Pavimentazione con autobloccanti	10	cm
Strato di sabbia	3	cm
1 x strato di stabilizzato a cemento (5%)	20	cm
Fondazione in misto granulare Tipo I	12	cm
Neoweb® riempito con sabbia locale	22	cm
Spessore totale	67	cm

L'utilizzo della sabbia locale, anziché il misto granulare, ha consentito una notevole riduzione dei costi. Strutturalmente il **Neoweb®** ha consentito di incrementare il valore del modulo della sabbia in un intervallo di 2,50 – 5,0 volte superiore.



Pavimentazioni aeroportuali

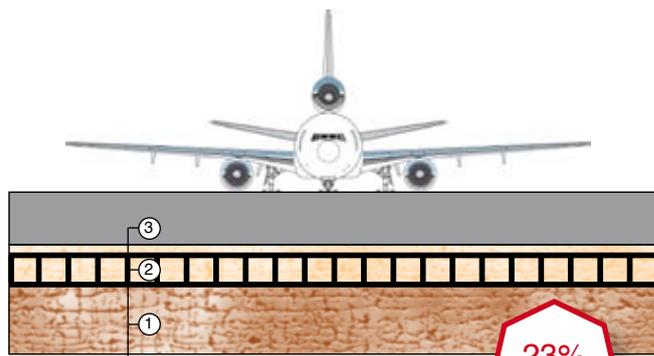
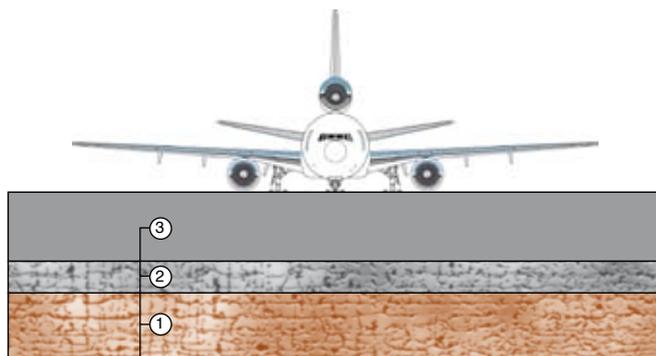
Heavy Duty Aircraft Apron, Indonesian Air Force

Nel campo aeroportuale, l'impiego del sistema di stabilizzazione **PRS** consente una riduzione della stratigrafia e la possibilità di usare un materiale non coesivo in fondazione di minore qualità. Il sistema può essere impiegato sia nelle sovrastrutture flessibili che in quelle rigide.

Di seguito viene riportato il caso di variante di una pavimentazione rigida su piastre di cls tipicamente impiegate nelle zone di sosta degli aeromobili. Con il sistema **PRS** è stato possibile impiegare nella fondazione materiale non coesivo disponibile in sito a costo nullo e ridurre lo spessore delle piastre in cls a fronte della rigidità fornita dal sistema.

Soluzione senza Neoweb®

Soluzione con Neoweb®



- 3. Piastre cemento: 350 mm
- 2. Fondazione in misto frantumato: 150 mm
- 1. Sottofondo CBR ~ 3%

- 3. Piastre cemento: 270 mm
- 2. **Neoweb®** con riempimento non coesivo esistente in loco: 150 mm (+ 30 mm copertura)
- 1. Sottofondo CBR ~ 3%

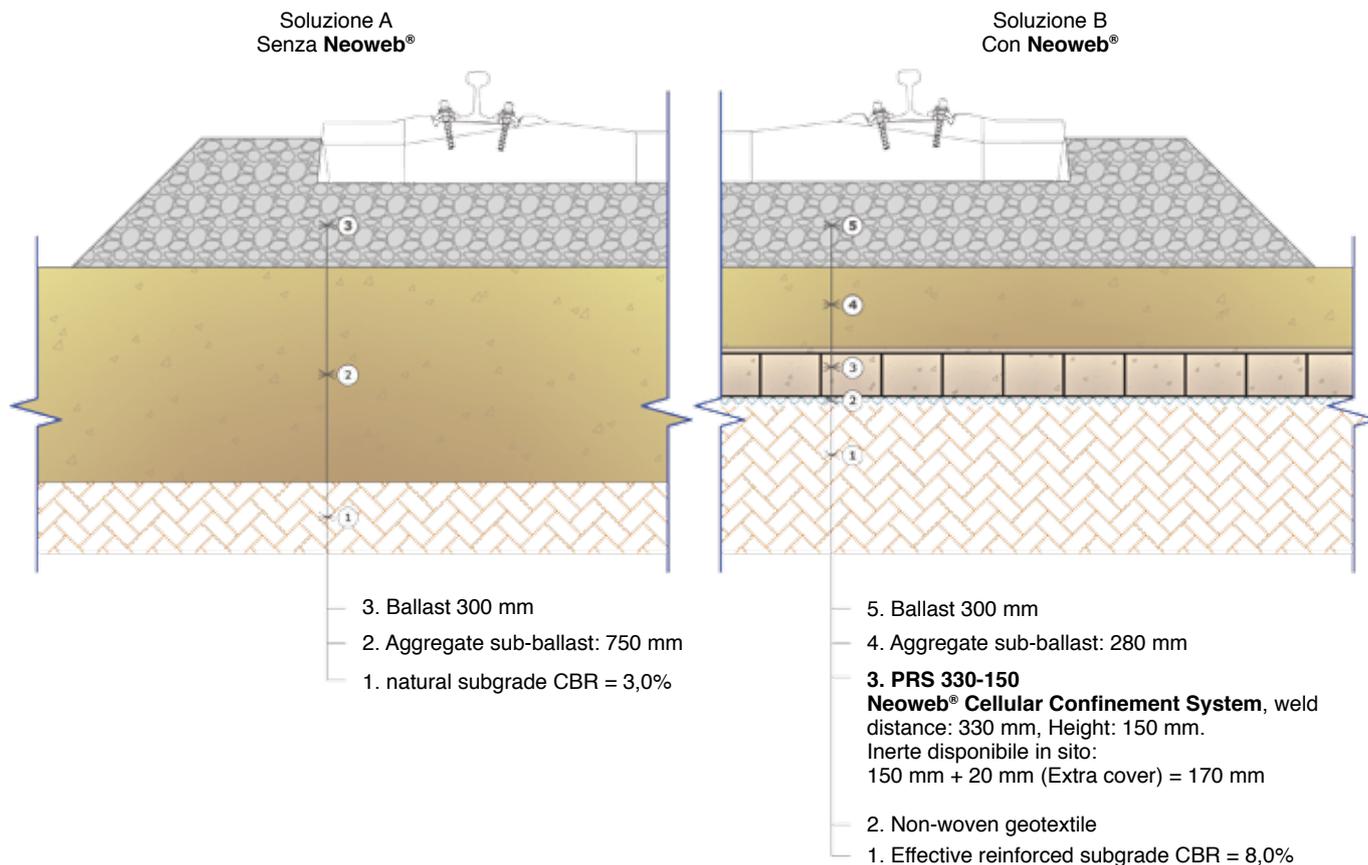
23%
risparmio



Campo Ferroviario

Nel campo della sovrastruttura ferroviaria la progettazione eseguita con il sistema **Neoweb®** può portare a riduzioni dello spessore del sotto ballast del 50%, ulteriori benefici derivano dalla possibilità di impiegare inerte di qualità inferiore da confinare nella struttura **Neoweb®**.

Lo schema riportato pone a confronto un progetto originario (soluzione A) con la nuova progettazione condotta con il sistema **Neoweb®** (soluzione B). E' possibile rilevare la notevole riduzione degli spessori interessati.



Testato da:



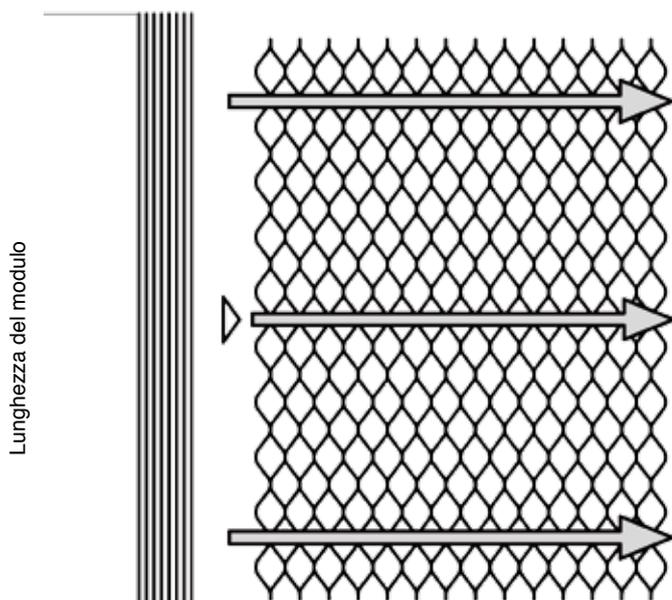
Posa in opera

Il sistema di stabilizzazione **Neoweb®** viene facilmente posato con qualunque condizione climatica e di temperatura. Viene usualmente posto in aderenza alla superficie di sottofondo che deve essere preventivamente ricoperta da un idoneo geotessile con funzione di filtro separatore.

L'installazione non richiede l'uso di personale specializzato né di particolari macchinari, il materiale viene disimballato e aperto in direzione ortogonale all'asse stradale.

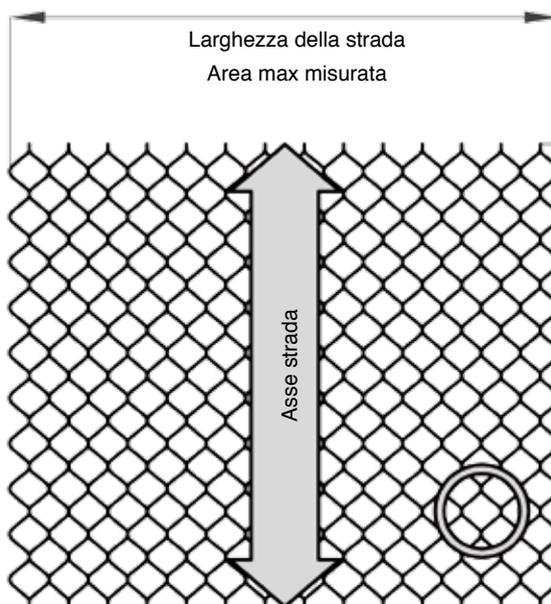
Viene mantenuto aperto da normali picchetti in acciaio o legno della lunghezza di 60 cm che verranno asportati una volta eseguito il riempimento.

Il riempimento avviene con un escavatore o una pala meccanica avendo l'accortezza di non superare l'altezza di caduta di 100 cm e lo spessore è quello previsto dal progetto. La compattazione avviene per strati di 20 cm avendo l'accortezza di verificare l'esistenza di un franco di materiale granulare (da definire in funzione del progetto) tra il sistema e il compattatore.



1. Sezione chiusa

2. Estensione del modulo



3. Massima estensione del modulo



Fasi di posa

1. verificare che il piano di posa sia compattato e privo di buche o avvallamenti, la posa può essere eseguita anche in condizioni di pioggia;
2. stesa del geotessile con funzione di filtro separazione;
3. posa dei picchetti (legno o acciaio) di fissaggio ai bordi del sistema con passo 50 cm seguendo la direzione parallela all'asse strada;
4. stesa del sistema **Neoweb®** sulla superficie da rinforzare con leggero debordo rispetto alla linea dei picchetti
5. fissaggio dei diversi moduli usando le graffiatrici pneumatiche (pressione operativa 2,1 – 3,9 BAR o 30 – 55 PSI) con graffette galvanizzate da 13 mm;
6. riempimento del sistema con metodo manuale o meccanico iniziando dalla zona perimetrale e procedendo verso il centro;
7. asportazione dei picchetti precedentemente fissati e compattazione.



Servizio d'informazione

La commercializzazione di prodotti è solo una delle componenti del servizio che la **divisione seic geotecnica** della **Harpo spa** fornisce, infatti possiamo provvedere all'assistenza tecnica in ogni fase del progetto per permettere ai nostri clienti di essere in grado di far il miglior uso dei materiali impiegati. Sono disponibili pubblicazioni, manuali, documentazione tecnica, guide per la posa dei materiali e depliant in modo da fornire un supporto completo alla progettazione e realizzazione dei lavori.

Assistenza tecnica alla progettazione

Il nostro ufficio tecnico è a disposizione della clientela per una corretta scelta dei materiali e per l'assistenza in fase di progettazione.

Rete di agenzie

La **divisione seic geotecnica** della **Harpo spa** è presente in tutto il territorio nazionale con una capillare rete di agenzie a Vostra disposizione per ogni richiesta.

Harpo spa
via torino, 34
34123 trieste italia
tel. +39 040 3186611
fax +39 040 3186666
harpogroup.it



Organizzazione con sistema di gestione
per la qualità certificato UNI EN ISO
9001:2008 - Certificato N. IT03/0851