

# BUNDSTABILISERING

STABILISERING AF UBUNDNE BÆRELAG  
I VEJE OG PLADSER





► Tensar® TriAx® geonet har vist sig at være et yderst effektivt element til stabilisering af ubundne bærelag. Tensar TriAx erstatter Tensar traditionelle biaksiale geonet og sikrer endnu bedre økonomi i de fremtidige projekter.

## Tensar Teknologien tager udgangspunkt i 6 anvendelsesområder inden for stabilisering

### REDUKTION AF BÆRELAGSTYKKELSE

### FORLÆNGELSE AF LEVETID

## Tensar Teknologi – efterviste praktiske løsninger og knowhow

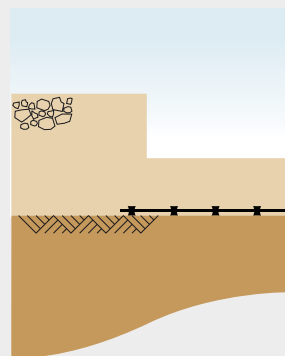
Tensar Teknologi anvendes bredt ved løsning af problemer med bundstabilisering og jordarmering. Tensar Teknologi giver økonomiske fordele og ikke mindst tidsmæssige besparelser i projektet. Vi bistår gerne med et konkrete løsningsforslag.

### EN GUIDE TIL AT VÆLGE DEN OPTIMALE METODE TIL STABILISERING AF DIT PROJEKT

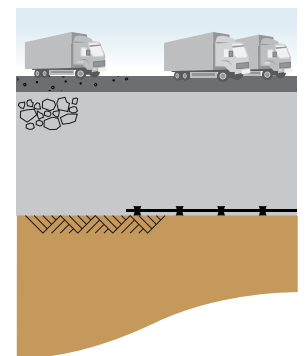
Siden Tensar introducerede stive polymer geonet for mere end 30 år siden, er stabiliseringsmetoden blevet mere og mere almindelig i en lang række anlægsprojekter.

Stabiliseringen kan ofte udføres med et enkelt geonet, men i en række tilfælde vil det være fordelagtig at etablere løsninger som involverer og kombinerer indtil flere armeringstyper.

Tensar Teknologien tager udgangspunkt i 6 anvendelsesområder inden for stabilisering.



Adskillige forskningsprogrammer i årenes forløb har konsekvent vist den høje stabiliseringseffekt ved indbygning af Tensar geonet. Med Tensar TriAx geonet forbedrede ydeevne kan Tensar Teknologien nu tilbyde endnu større reduktion i bærelagstykkelsen.

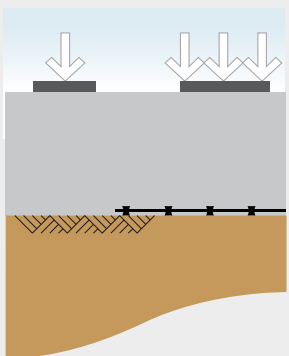


Brugen af Tensar TriAx geonet i ubundne bærelag kan forlænge vejens levetid, så derfor kan der opnås betydelige besparelse på vejens fremadrettede vedligeholdelsesbudget.



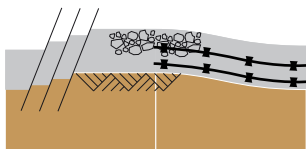


### FORØGELSE AF BÆREEVNE



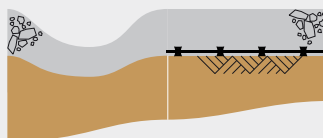
Ved at benytte Tensar Teknologien opnås der en forøget trykspredning ned gennem de ubundne bærelag. Dette forhold medfører forøget bæreevne, som specielt kan udnyttes på tungt belastede pladser, kranpor eller eksempelvis ved etablering af arbejdsplatform for rammemaskiner.

### KONTROLLERING AF DIFFERENTIALSÆTNINGER



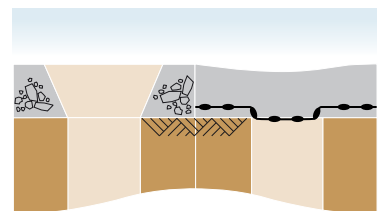
Flere lag Tensar geonet indbygget i de ubundne bærelag resulterer i en stiv pladevirkning. Ved brug af Tensar kan differentialsætninger på råjordsplanum dermed udjævnes.

### AFDÆKNING AF BLØDE AFLEJRINGER I DEPONIER



I de tilfælde hvor underbunden er særdeles svag, er der mulighed for at benytte Tensar Triax teknologien. Hermed muliggøres afdækning af området idet Tensar TriAx geonet etablerer den fornødne trykspedning og muliggør komprimering af afdækningsmaterialet.

### STØTTE VED UNDERJORDISK EROSION

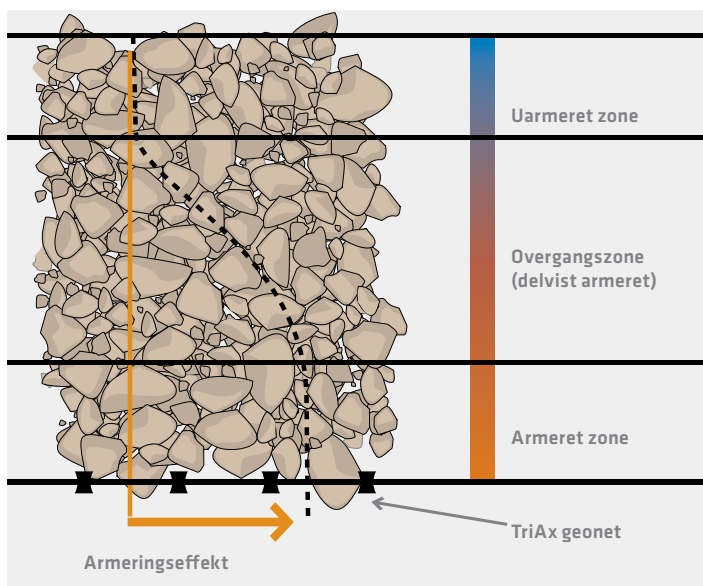


Der findes steder hvor underjordisk erosion kan forårsage pludselige kollaps i vejbelægningen. Ved på forhånd at indbygge Tensar geonet kan arealet midlertidigt understøtte vejopbygningen, indtil en mere permanent reparation kan udføres.

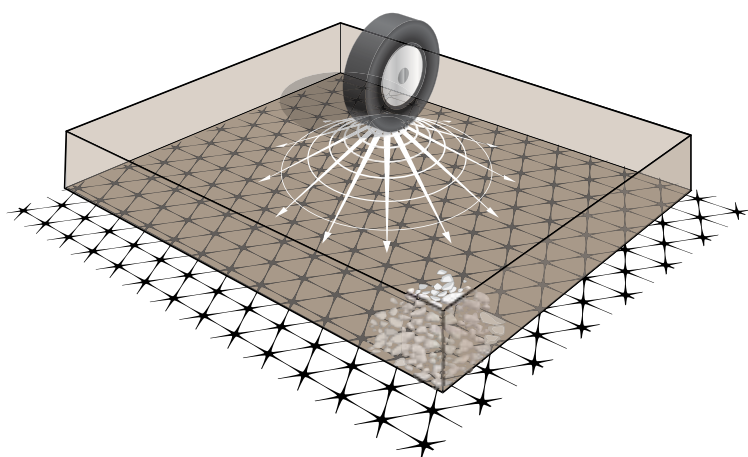
# Tensar TriAx fungerer fordi bærelaget fastlåses

Tensar biaksiale geonet fungerer i praksis, fordi friktionsmaterialet effektivt forkiles i netstrukturen. Når grusmaterialet komprimeres ovenpå nettet, vil noget af gruset gå gennem netruderne og skabe en fast og effektiv forkiling i selve geonet samtidig med at der opnås en forøget friktion mod underlaget.

Forkilingsmekanismen



Grusmaterialets forkiling i et mekanisk stabiliseret bærelag. Et effektivt stabiliseringsmateriale som Tensar TriAx geonet øger graden af fastlåsningen og forøger trykspredningszonen såvel vandret som lodret.



For at et stabiliseret lag skal være effektivt, skal det have evnen til at fordele belastningen 360 grader rundt. For at sikre den høje ydeevne, skal det indbyggede geonet i et mekanisk stabiliseret lag have en høj ens fordelt radial stivhed i hele 360 graders spektret.

## Tensar biaksiale geonet giver mange anvendelsesmuligheder

Siden 1980'erne er flere hundrede millioner m<sup>2</sup> Tensar geonet benyttet worldwide. I 2007 introducerede Tensar den nye TriAx teknologi med henblik på endnu engang at flytte den teknologiske grænse.

Flere steder verden rundt er Tensar geonet anvendt under forskellige klima- og jordbundsforhold, og ofte er Tensar Teknologien blevet brugt til at løse svære design- og udførelsesmæssige problemstillinger. Tensars fremstillingsmetode giver en speciel netstruktur, med fuld knudepunktstyrke og kraftige stive ribber og en ensartet trekantet rudestruktur. Rudestrukturen muliggør en endnu mere effektiv fastlåsning af friktionsmaterialet og resulterer i forbedrede armeringsegenskaber. Forkiling modvirker sideværts bevægelser og flytning af bærelaget, hvorved en meget høj effektiv forskydningsstyrke mobiliseres. Denne effekt er direkte relateret til forkilingsevnen og dermed geonetets evne til at fastlåse bærelaget.

Kombinationen af disse egenskaber opnås ved indbygning af Tensar TriAx i det ubundne bærelag:

- ▶ Trækstyrken som skal mobiliseres i et indbygget geonet fremkommer typisk ved ganske små deformationer og understøtter den aktuelle overbygning og last.
- ▶ Deformationen i geonet er meget begrænset efter indbygning.
- ▶ Stabiliseringseffekten er påvist og kan udnyttes på det belastede område.
- ▶ Tensar geonet i kombination med ubundne bærelag danner et komposit - et Tensar mekanisk stabiliseret lag (msl).



Væsentlige kendetegn: Faste knudepunkter og tykke ribber.



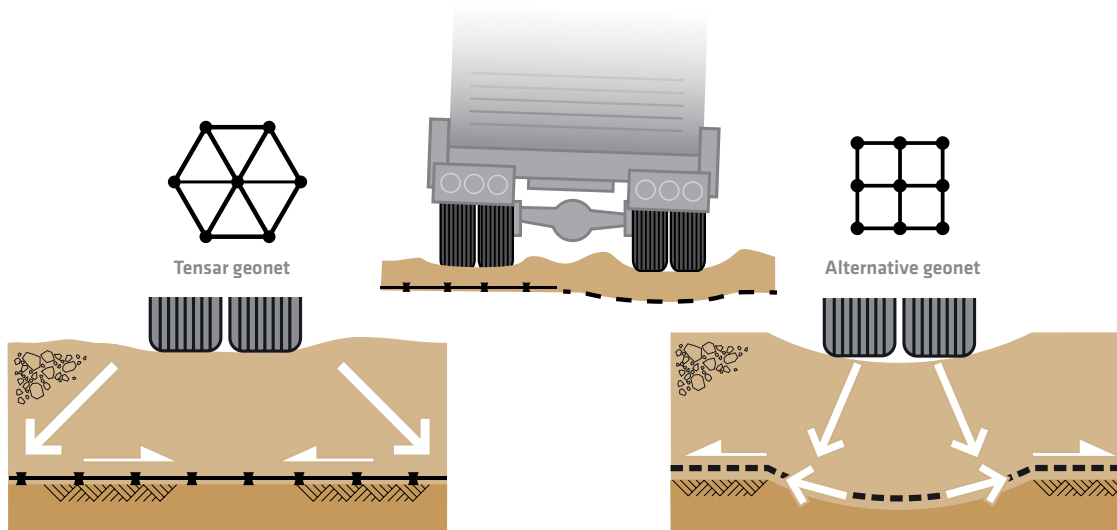
TriAx skarpkantede ribbestruktur har stor betydning for forkilingseffekten af det stabiliserede lag.



# Arbejder alle geonet på samme måde?

Det er et almindeligt spørgsmål, når man overvejer fordelene ved at bruge geonet – især til vejbygning. Svaret er NEJ, geonet fremstilles forskelligt. En god indikator for armeringseffekten er fremstillingsmetoden. Kvaliteten af den mekaniske fastlåsning er ikke den samme, hvis Tensar sammenlignes med andre produkter, som produceres ved ekstrudering, vævning og svejsning. Tensars konstruktion er baseret på den

dokumenterede forklings-effekt og den sideværts indespærring af friktionsmaterialet. De fleste andre geonet, produceret efter en anden fremstillingsmetode, giver uensartede ribber, knudepunkter og masker, og fungerer som spændte membraner. Den spændte membran kræver store deformationer, før kræfterne i geonet aktiveres. Se beviserne nedenfor.

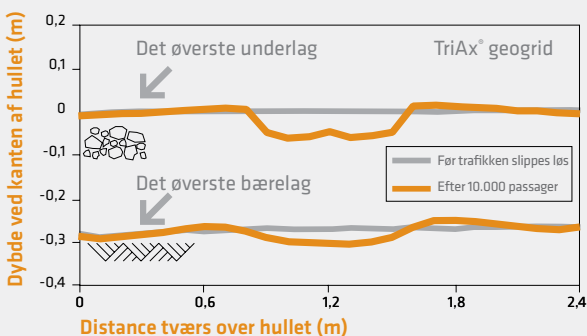


## TENSAR GEONET FORKILER FRIKTIONSMATERIALET

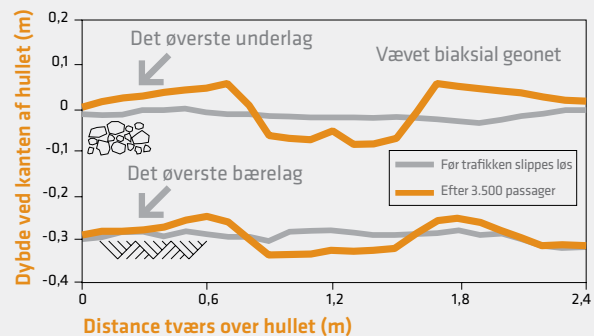
- ▶ Stabilisering og forkliling forstærker friktionslaget
- ▶ Trykspredningen øges
- ▶ Den vertikale belastning mindskes
- ▶ Bæreevnen forbedres

## DE FLESTE ALTERNATIVE GEONET VIRKER SOM EN SPÆNDT MEMBRAN

- ▶ Alternative geonet membraner skal forankres i siderne
- ▶ Belastningen overføres til geonet membranen
- ▶ Geonet og råjord deformeres
- ▶ Resultatet ses først efter mange overkørsler
- ▶ Vejen skal vedligeholdes i køresporene for at opretholde effekt



Tensar TriAx fremstilles ved ekstrudering, standsning og varmestækning.



Andre geonet fremstillet ved brug af alternativt processer.

Tensar geonets stabiliserende egenskab resulterer i reduceret sporkøring sammenlignet med andre typer geonet. Et større trafikforsøg blev udført hos TRL (Transport Research Laboratory i England), og forsøget understregede kvalitetsforskellen i rillernes profil. Tværsnit af vejbelægningen viser det øverste underlag (300 mm tykt) og det øverste bærelag (CBR = 1,5%), før og efter trafikbelastninger. Efter 3.500 passager opstod der dybe kørespor i det alternative geonet (membran) med

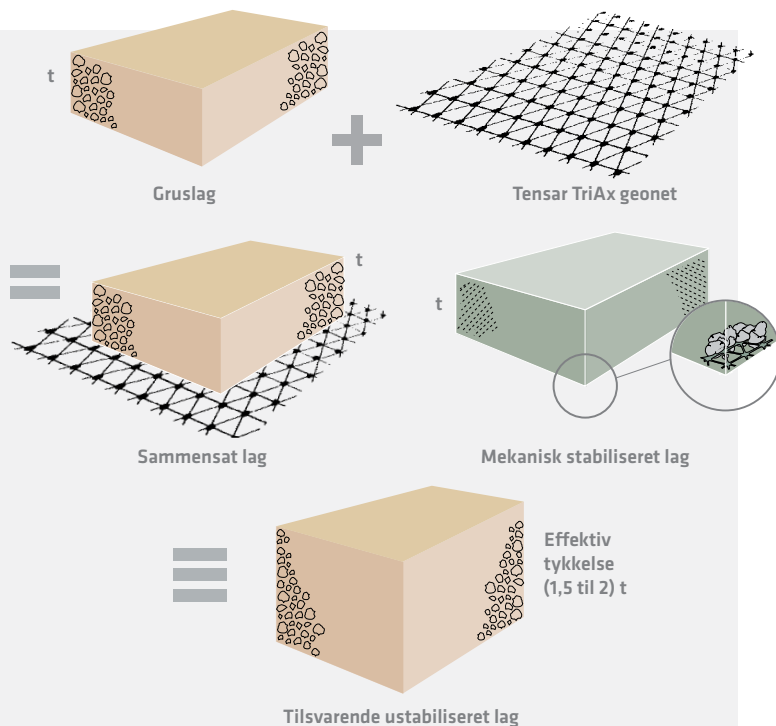
tydelige revner i belægningen. Der opstod tilsvarende kørespor i det øverste underlag. Det betyder, at underlaget skal omformes og blødgøres. På Tensar geonet (fastlåst mekanisme) var køresporet i belægningen efter 10.000 passager meget mindre med en lille synlig revne, og køresporet i bærelaget var forsvindende lille. Funktionsegenskaberne for Tensar geonet er tydeligvis klart bedre end andre geonet, som er fremstillet efter andre metoder (svejt, vævet, osv.).

## Tensar® mekanisk stabiliseret lag

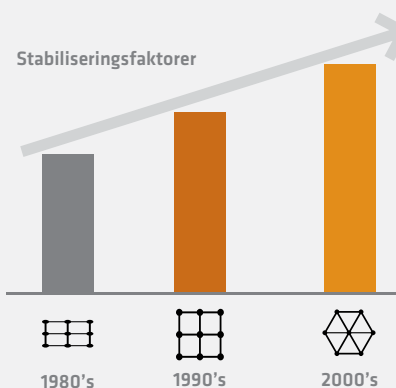
Friktionslag stabiliseret med Tensar TriAx geonet virker som en enhed på grund af forkilingen. Geonet/friktionslag kan derfor betragtes som et Tensar mekanisk stabiliseret lag.

Konstruktør og beregner kan angive en Tensar mekanisk stabiliseret lag og være sikker på, at produktets egenskaber og ydeevne er kendte og definerbare.

Det "tilsvarende ustabiliseret lag" kan opfattes på mange måder, og det kan derfor bruges i flere eksisterende konstruktioner. De følgende illustrationer vil normalt blive anvendt i de fleste konstruktioner.



Opbygningsparametre	Tensar effektiv forøgelse	Enheder
Tykkelse "t"	$1,5 < t < 2,5$	mm
Mål "E"	$1,5 < E < 3,0$	kN/m <sup>2</sup>
Trafikbelastning "TIF"	$3 < TIF < 15$	Standard aksler



Tensar stabiliseringsfaktorer - Forbedringer i geonet teknologien er baseret på viden, som er samlet gennem mere end 30 år.

## Kvantificering af funktionsfordele

### Det startede med små laboratorier forsøg og nu anvendes et fuld skala testcenter

For at definere den effektive tykkelse på Tensar mekanisk stabiliseret lag er der gennem mange år indsamlet data fra talrige trafikforsøg - først med Tensar biaksiale geonet og senest med TriAx geonet.

**A) 1981** – Tests af Tensar geonet til fastholdelse af bærelaget blev indledt i 1981 med nogle simple test af bærelaget, som påviste fordele ved fastlåsning af bærelaget.



**B) 1985** – Tensar har forsket gennem mere end 20 år.



**1992** – Brug af Tensar i diverse projekter bekræfter resultater fra laboratorietests.



**1996** – Tensar geonets øgede spredning af belastningen fører til væsentlig reduktion af sporkøring.



**2000** – Fuldskala laboratorieforsøg udført af UK Transport Research Laboratory har vist at Tensar overgår alle andre typer geonet.

Billederne viser de typer af forskning, som Tensar® International har været involveret i gennem årene. Dataene fra disse test har påvist de faktorer, der anvendes i empiriske dimensioneringsmetoder. Trenden i dimensionering af bærelaget går nu mod mere analytiske dimensioneringsmetoder, hvor bærelagets reaktioner på belastningen kan ses i numeriske modeller. Tensar International er på forkant med denne udvikling, ved at modellere effekten af mekanisk stabilisering med geonet.



**2004** – Forsøg er ikke kun begrænset til et område, men har involveret laboratorier og forskere over hele verden.



**2004** – En af de længste overvågninger af adskillige trafikbelastningsprøver fandt sted i Feiring Bruck Quarry, Norway.



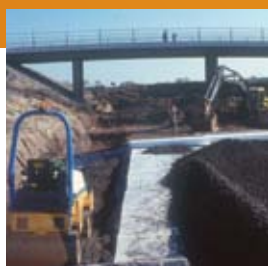
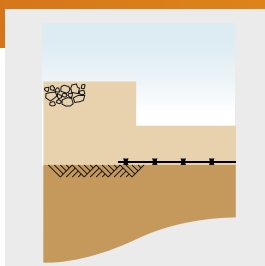
**2007 Tensar Teknologi Center** – Egne test faciliteter gør det muligt at undersøge forkilings fænomenet mere detaljeret.



**2008/2011** – Testresultaterne udført i et kontrolleret miljø, sikrer at resultaterne er sammelignelig.

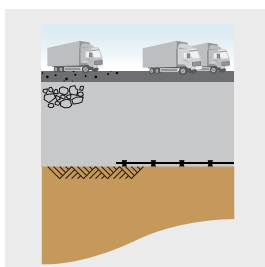


# Hver af de seks anvendelsesområder giver store fordele og disse giver ofte store besparelser i anlægsomkostningerne



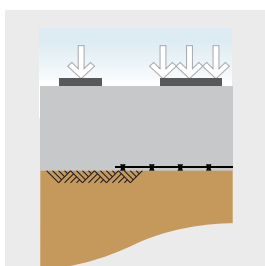
## REDUCERING AF BÆRELAGET

Ved at reducere bærelagstykkelsen med 50% - uden tab af bæreevne sammenlignet med en standard ustabiliseret opbygning, kan entreprenøren spare mange penge på omkostningerne til flytning af overskydende jord samt opnå besparelser på op til 50% i bygge CO<sub>2</sub>-udledning.



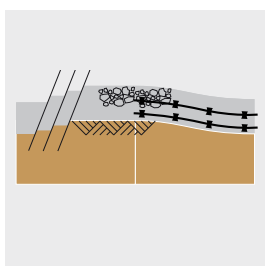
## FORLÆNGELSE AF LEVETID

Vejbygning er dyrt, især hvis der tale om en total ny opbygning. En beregning viser, at ved kalkuleret med et mekanisk stabiliseret lag øges vejens levetid med en faktor 3 eller mere, og reducerer derfor det årlige vedligeholdelsesbudget til asfalt med over 50%.



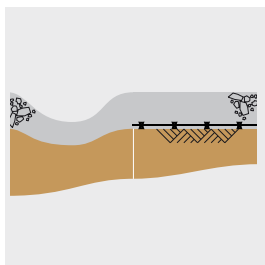
## ØGET BÆREEVNE

På dårlig råjord som f.eks. tørv er det til tider nødvendigt at anlægge adgangsveje, som skal kunne modstå meget tung belastning. Adgang for transport og kraner til vindmølleparker er et godt eksempel på, at geonet med fordel kan bruges og medføre store besparelser.



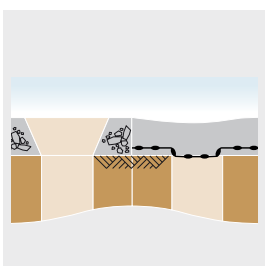
## REDUKTION AF DIFFERENTIALSÆTNINGER

Mange anlægsopgaver finder sted på råjord med varierende styrke, og i sådanne belægninger vil der ofte forekomme differentialsætninger. Med den opsamlede viden fra sporkøringsforsøg, kan Tensar projekter efter mange års brug stadig benyttes, da overfladebelægningen er intakt. Besparelse på mere end 75% kan opnås på traditionelle løsninger, som piloterede platforme, der giver et stabilt underlag for vejbelægning.



## OVERDÆKNING AF DEPONIER OG LOSSEPLADSER

Tensar® har udviklet en teknik til dækning af svage deponier. Teknikken er forbedret gennem årene og gjort det umulige muligt. Metoden er nu den foretrukne til overdækning af slamdeponier, lossepladser og industri affaldsdeponier.



## SPÆND OVER HULLER

Tidligere mineområder har ofte brug for en vis form for beskyttelse mod de farer, et pludseligt sammenbrud og åbningen af en dyb skakt kan forårsage. Ved at udspænde Tensar geonet over et stærkt ustabile jordforekomst, vil et kollaps give en sætning, som indikerer et hul. En advarsel, som giver myndighederne tid til en effektiv udbedring, og derved sikrer den offentlige sikkerhed.

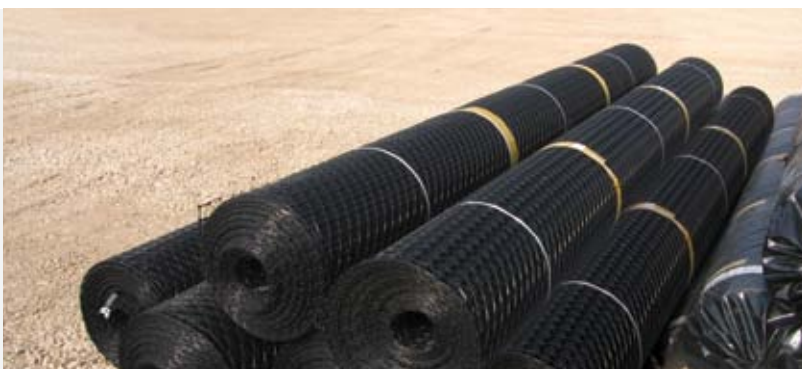


## Praktiske eksempler på primære anvendelse



Installation of TriAx, Stoke

- ▶ Reduktion i bærelagstykkelse
- ▶ Forlænget levetid
- ▶ Reduktion af differentialsætninger



Forstærkning af svag jord Ashbourne, Derbyshire

- ▶ Overdækning af svag deponier
- ▶ Øget bæreevne



Forbedring og styrkelse A66 i Melsonby

- ▶ Reduktion af bærelagstykkelse
- ▶ Forlænget levetid



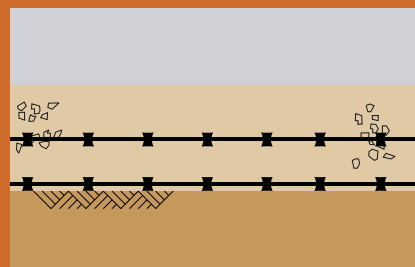
Grundstabilisering af pakeringsareal for tunge transportere ved Lanarkshire

- ▶ Reduktion i bærelagstykkelse
- ▶ Øget bæreevne
- ▶ Reduktion af differentialsætninger

# Belægningsberegning

Til belægningsberegning for tung aksellast eller koncentreret hjullast har Tensar International udviklet specielle beregningsprogrammer.

Beregningsmetoder for tung belastning er adopteret og modificeret til at inkludere Tensar geonets stabiliserende fordele.



## TYPISK BELÆGNING FOR TUNG TRAFIK

Belægninger med tung belastning kræver ofte armering med flere lag geonet.



Ny landingsbane i Adelaide Lufthavn (Australien)

## LUFTHAVNSBELÆGNING

Da vægten på nye fly stiger, skal der tages højde for det i opbygningen af landingsbaner, hvor en stærkere bund kan være nødvendig.



Tensar geonet er særdeles velegnet til kaj anlæg (Letland)

## KAJ- OG HAVNEANLÆG

Containerpladser, læsseområder og produktionssteder bliver ofte udsat for meget stor spor- eller akselbelastning.



Tung kran på Tensar armeret arbejdsplatform

## ARBEJDSPLATFORME

For kraner og boreudstyr er en arbejdsplatform nødvendig for at kunne arbejde sikkert og præcist. Ofte foregår dette arbejde på områder med meget blød bund.



Fordele ved Tensar bundstabilisering under jernbanespor

## JERNBANESPOR

Både ballast- og bærelag har fordele af armering med geonet- særligt på råjord med svag bæreevne. Et armeret bærelag øger ballastens styrke. En armeret ballast begrænser bevægelser i ballast og forlænger den effektive levetid for sveller og skinner.





Tensar® TriAx® TXL geonet



Tensar TriAx



Tensar TriAx geokomposit

## Tensar® International Support Service

Brug vores viden og erfaringer til specielt produktsupport

### PROFESSIONELLE LØSNINGER

Vi tilbyder et team af professionelle rådgivere, som gerne hjælper med at udvikle løsninger, der understøtter dit behov eller laver en komplet konstruktionsdesign. For at hjælpe dig med at opnå en effektiv installation af vores produkter og systemer, tilbydes ligeledes rådgivning og uddannelse på byggepladsen. Vores sortiment af innovative produkter er opnået i en kombination af vores globale erfaringer med tusindvis af projekter udført i mange forskellige klimatiske forhold og jordtyper. Derfor kan vi give dig en specialist civilingeniørs unikke vejledning og vurdering af hvordan man bruger Tensars gennemprøvede produkter og systemer, så man får den bedste og mest økonomiske anvendelse.

Vi føler os forpligtet til at yde en meget høj standard på vores tekniske rådgivning omkring vores produkter og systemer. Vores egne dedikerede og veluddannede teams af civilingenører eller vores lokale distributører vil i samarbejde med dig sikre at dit projekt lykkes.

### TENSARPAVE™ DESIGN SOFTWARE

TensarPave er et software program udviklet af Tensar International, som indeholder TriAx design parameter, der gør det muligt af finde den mest økonomiske jordstabiliserings- og bærelagsopbygning. TensarPave softwareprogram kan benyttes gratis efter gennemførelse af et brugerkursus hos Tensar International.

### INSTALLATIONS SUPPORT

Vi kan assistere dit projekt med konstruktions- og installationsvejledninger, med uafhængige certificeringsdokumenter og specifikationer til brug i udbudsmateriale og installationsprocedure. De underbygges af et stort antal referenceprojekter, produktspecifikationer og tekniske informationer.

### EN RÆKKE AF DESIGN INDENFOR 3 KERNEOMRÅDER

- 1 LEVERING
- 2 ANVENDELSESFORSLAG OG LEVERING  
*Løsningsforslag og rådgivning*
- 3 KONSTRUKTIONSDESIGN OG LEVERING  
*Komplet konstruktionsdesign og tegninger*

Vores servicekoncept omfatter projektrådgivning, som konceptløsninger, design, konstruktion og installation, samt grundlæggende uddannelse i Tensarsystemer og brug af TensarPave software. Ved at engagere vore team tidlig i projektfasen, kan vi være med til at spare dig tid og omkostninger. Vi kan i den indledende fase udvikle konceptet, vurdere om Tensar er anvendeligt for projektet og opstille vejledende budgetomkostninger.

### INSTALLATIONSSUPPORT

- ▶ Installations råd i installation af Tensar i dit projekt
- ▶ Installationsuddannelse, hvor vi demonstrerer installation af vores produkt
- ▶ Konstruktionsrådgivningen besvarer praktiske spørgsmål om Tensar installationen, mens anlægningsarbejdet skrider frem

### WORKSHOP

- ▶ Omfattende hands-on teknisk workshop
- ▶ Personlig træning eller workshop tilpasset dine behov

### DESIGN

- ▶ Designrådgivning i forbindelse med valg af Tensar produkter og systemer i dit projekt
- ▶ Detaljerede kostberegninger, der muliggør en konkurrencedygtig designkoncept af Tensar i dit projekt eller tilbud
- ▶ Detaljeret design og konstruktionstegninger for anvendelse af Tensar produkter og systemer i dit projekt

### DESIGN SUPPORT

- ▶ Anvendelsesrådgivning der hjælper der dig til at udarbejde dit eget designkoncept
- ▶ Få vores designkoncept med anvendelsesforslag, som du kan videreudvikle på
- ▶ Gennemgang af dit designforslag, som omfatter vores produkt eller system



Distributør:



**BG Byggros A/S**  
Østbirkvej 2  
DK-5240 Odense NØ

Tel: +45 5948 9000  
info@byggros.com  
www.byggros.com

Kontakt os for yderligere information om Tensar® International produkter og deres anvendelse.

Vi udleverer gerne produktspecifikationer og installationsvejledninger.

I tillæg hertil er følgende speciallitteratur til rådighed:

- ▶ **Tensar geosynteter til anlægssektoren**  
En vejledning om produkter og anvendelse
- ▶ **Bundstabilisering**  
Stabilisering af ubundne bærelag i veje og pladser
- ▶ **TriAx®: En revolution indenfor geonet teknologien**  
Egenskaber og funktionsfordele ved TriAx® geonet
- ▶ **Asfaltbelægninger**  
Armering af asfalt på veje og pladser
- ▶ **TensarTech erosions sikring**  
Brovederlag, støttemure og stejleskråninger
- ▶ **Jernbaner**  
Ballastarmering under jernbanespor
- ▶ **Fundering på pæle**  
Anlæg på svag bund uden sætninger
- ▶ **Basal grundstabilisering**  
Med anvendelse af Basetex stærke geotekstiler
- ▶ **TensarTech geocelle måtter**
- ▶ **Erosionsbeskyttelse**  
Erosionsbeskyttelse af jord- og klippeskråninger

**Tensar**®

Tensar International Limited  
Cunningham Court  
Shadsworth Business Park  
Blackburn BB1 2QX  
United Kingdom

Tel: +44 (0) 1254 262431  
Fax: +44 (0) 1254 266867  
e-mail: info@tensar.co.uk  
www.tensar.dk



Q 05288  
ISO 9001:2008



EMS 86463  
ISO 14001:2004

Copyright © Tensar International Limited 2011  
Trykt mars 2012, udgave 3

Ophavsretten til denne brochure (herunder uden undtagelse, alle tekster, fotografier og diagrammer) og alle andre intellektuelle ophavsrettigheder og ejendomsrettigheder hertil, tilhører Tensar International Limited og/eller dets tilknyttede selskaber i koncernen, og alle rettigheder forbeholdes. Denne brochure må hverken helt eller delvist kopieres, distribueres eller indarbejdes i andre værker eller offentliggøres under nogen form, uden tilladelse fra Tensar International Limited. Oplysningerne i denne brochure erstatter alle tidligere oplysninger om de produkter, der refereres til i tidligere versioner af denne brochure, de er illustrative og leveres gratis af Tensar International Limited udelukkende til almindelige informationsformål. Denne brochure er ikke beregnet til at udgøre eller være en erstatning for projekt specifik teknik, design, konstruktion og/eller anden professionel rådgivning, givet af nogen med fuldt kendskab til et bestemt projekt. Det er på eget ansvar, og du påtager dig alle risici og hele ansvaret for den endelige afgørelse med hensyn til egnetheden af et Tensar International Limited produkt og/eller design til brug på tilkænt måde i forbindelse med et specifikt projekt. Indholdet af denne brochure er ikke en del af en kontrakt eller en påtænkt kontrakt med dig. Enhver kontrakt om levering af et Tensar International Limited produkt og/eller design tjeneste vil være på Tensar International Limited standardbetingelser, der er gældende på tidspunktet for kontraktens indgåelse. Selvom der gøres alt for at sikre nøjagtigheden af informationerne i brochuren på tidspunktet for trykning, garanterer Tensar International Limited ikke for informationernes egnethed, pålidelighed, alsidighed eller nøjagtigheden af de oplysninger, tjenester og andet indhold, der findes i denne brochure. Med hensyn til Tensar International Limiteds ansvar for død eller personskade som følge af uagtsomhed eller svigagtig fordrøjning (om nogen), er Tensar International Limited ikke ansvarlig overfor dig direkte eller indirekte i kontrakt, erstatning (herunder uagtsomhed), retfærdighed eller på anden måde for tab eller skade, der måtte opstå i forbindelse med brugen af og/eller påberøbelser af indholdet i denne brochure, herunder direkte, indirekte, specielle, tilfældige eller deraf følgende tab eller skade (inklusive, men ikke begrænset til tab af fortjeneste, interesser, forretningsindtægter, forventede besparelser, forretning eller goodwill). Tensar, TensarTech og TriAx er Tensar International Limited varemærker. I tilfælde af tvister mellem parterne er den originale engelske version af denne ansvarsfraskrivelse gældende.