

BEKKAERT

# Reforço de Pavimentos Betuminosos

Não existe nada mais frustrante do que ...



... estradas em **más** condições

[erik.ulrix@biu.pt](mailto:erik.ulrix@biu.pt)



Ano após ano, cada vez mais veículos proporcionam uma maior mobilidade de pessoas e bens e, por conseguinte, causam um forte impacto na infraestrutura existente, o que resulta em

fissuração reflexiva e problemas estruturais da estrada.

Isto leva a



Frustrações dos  
condutores



Reivindicações e até  
acidentes de carros



Imagem negativa da  
comunidade / país

Para melhorar a qualidade da nossa infra-estrutura rodoviária, é necessária uma renovação qualitativa para garantir:



## Três níveis de renovação



Orçamento / Duração da renovação / Condição estrutural / Durabilidade



# Renovação completa da estrada



Caro



Demorado



Na maioria dos casos, a renovação de estradas com camada intermédia de prevenção de fissuração é uma alternativa perfeita para renovações completas de estradas.

Trabalhar com camadas intermédias acelerará a construção, não tendo que expor a estrutura do pavimento subjacente.

[erik.ulrix@biu.pt](mailto:erik.ulrix@biu.pt)

Vejam os primeiros o que deve acontecer se se instalar uma sobreposição de asfalto sem qualquer camada intermédia de prevenção de fissuração.



Fissuras na superfície

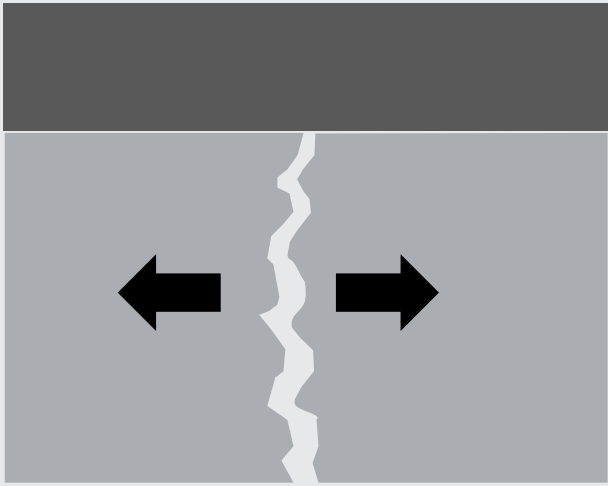


Camada de sobreposição de asfalto sem camada intermédia de prevenção de fissuração.

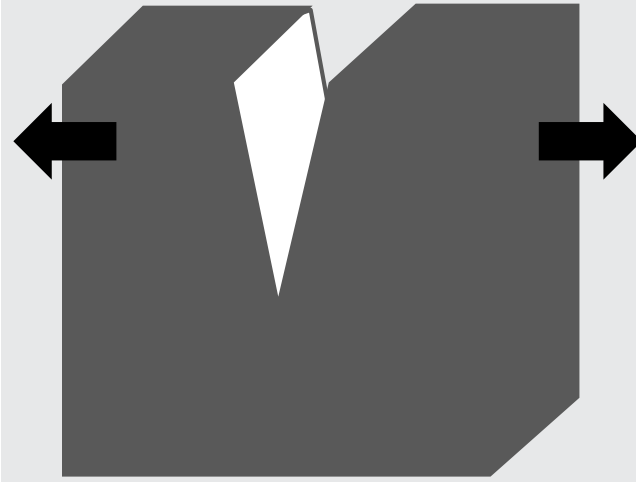


Fissuras reflexivas de debaixo da estrutura através da superfície de asfalto.

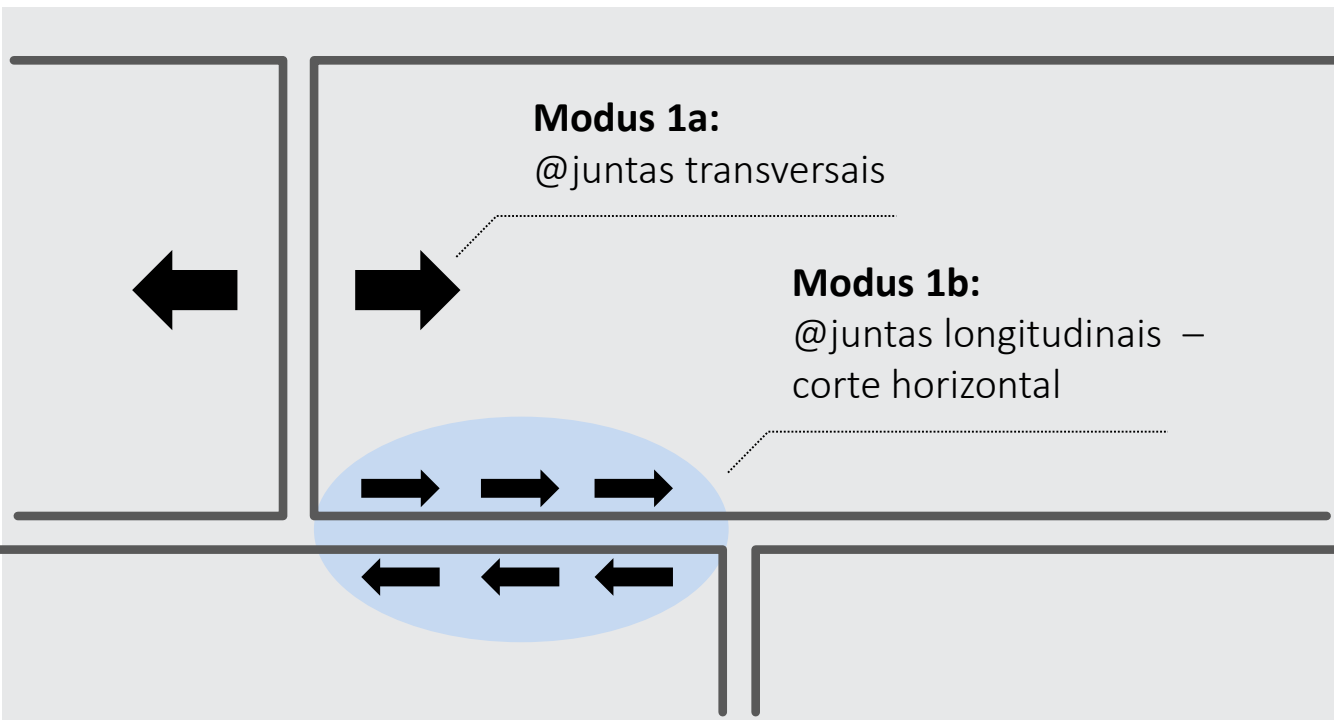
A fissuração reflexiva é um resultado de movimentos horizontais e verticais nas fissuras na camada subjacente.



Pavimento de betão



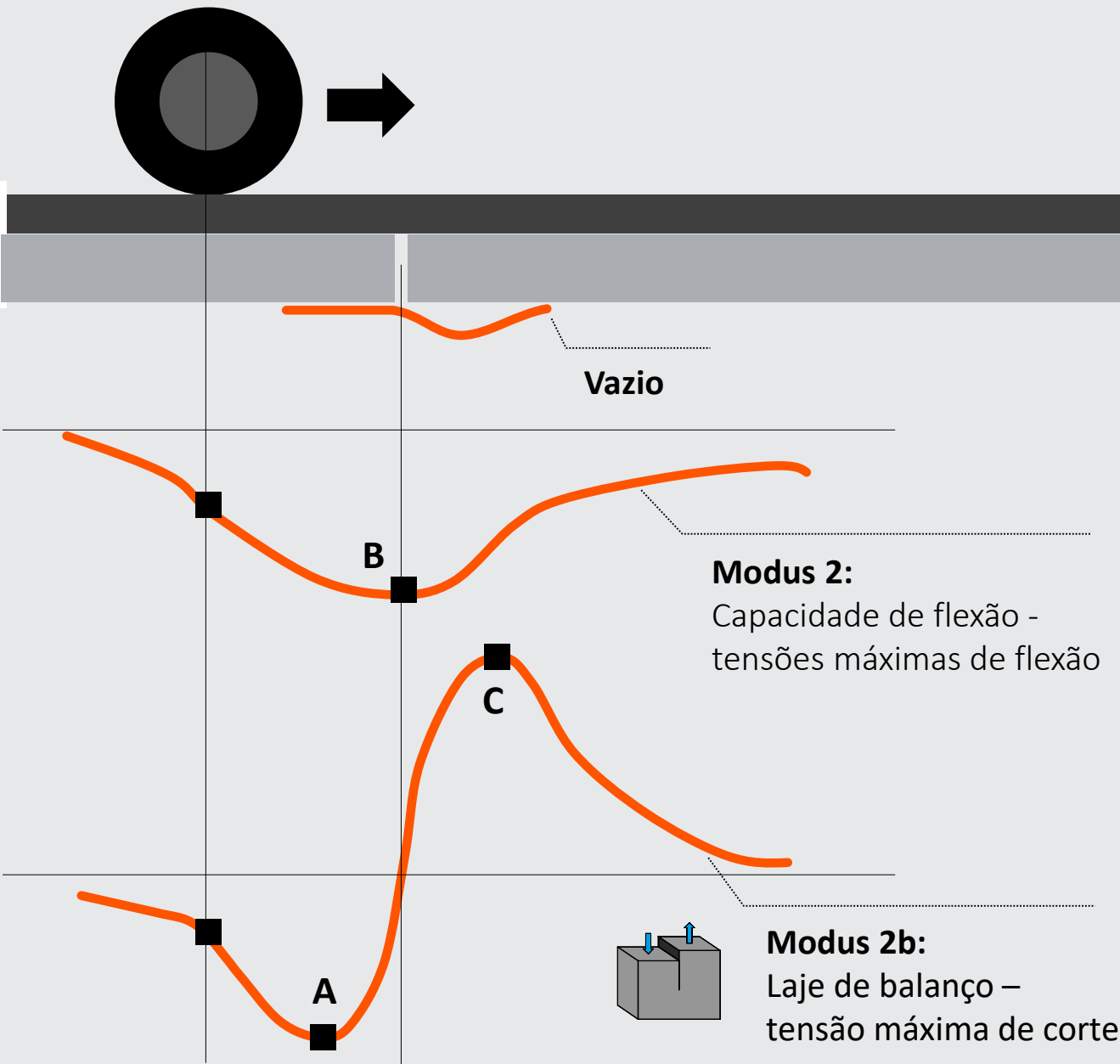
Pavimento betuminoso  
envelhecido



## Fissuração reflexiva devido ao movimento horizontal



Mudanças de temperatura (dia / noite e sazonal) fazem com que o asfalto se contraia e se expanda, causando movimentos horizontais na fenda.



# Fissuração reflexiva devido ao movimento vertical



As cargas de tráfego produzem movimentos verticais diferenciais nas fendas subjacentes, causando tensões de corte e de flexão na camada de sobreposição do pavimento betuminoso.

A fissuração reflexiva é mais do que uma preocupação estética.

Ela permite que a água penetre na superfície e migre para a base e sub-base de agregados, enfraquecendo a estrutura geral do pavimento.

Sobreposição de asfalto

Camada intermédia de prevenção de fissuração

Propriedades requeridas:

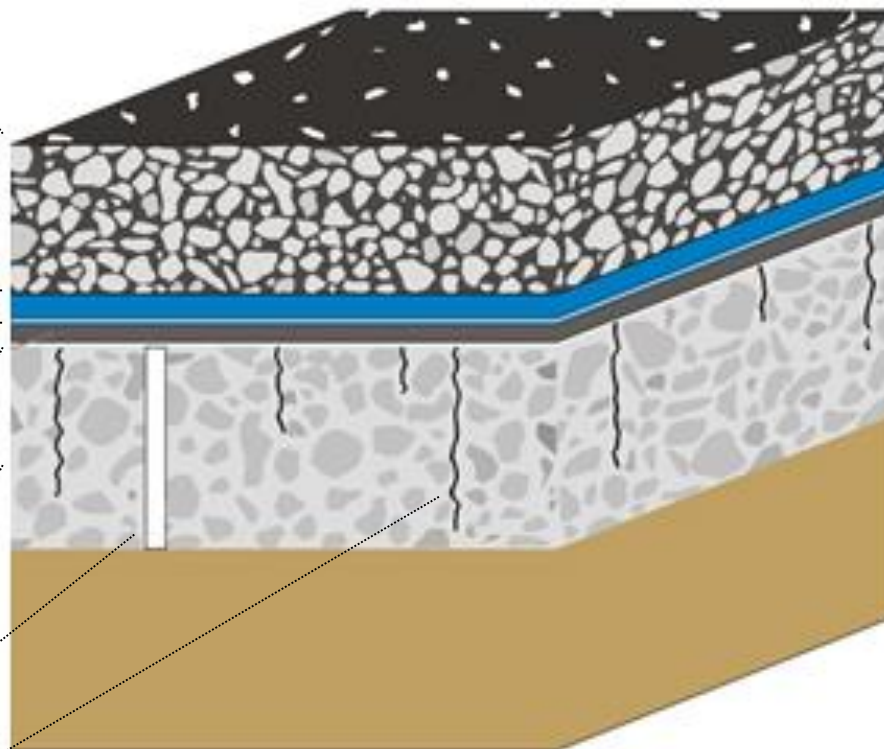
- Alívio de 'stress' : movimento independente de ambas as camadas
- Barreira de água: evitar uma maior deterioração das camadas subjacentes
- Reforço : reforçar o revestimento (camada de asfalto de maior rigidez)

Camada de nivelamento

Pavimento velho fissurado

Junta

Fissura



## Para evitar fissuração reflexiva

é fundamental reduzir ou eliminar as tensões e deformações produzidas na camada de sobreposição de asfalto, instalando uma camada intermédia de prevenção de fissuração



English Version

Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics  
required for use in pavements and asphalt overlays

Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques  
requis pour l'utilisation dans les chaussées et couches  
de roulement en enrobés

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte -  
Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von  
Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich  
sind

This European Standard was approved by CEN on 18 July 2008.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Estes requisitos foram anotados no

# product standard EN 15 381

Importante, este padrão de produto é limitado ao controlo de produção da fábrica por um órgão notificado.

As especificações do produto (resistência à tração, alongamento, retenção de betume, etc) são determinadas no teste tipo inicial.

**Não há relação direta entre as especificações do produto e o desempenho.**

Hoje, existem diferentes sistemas de interface anti-fissuração, todos eles variam em desempenho.



SAMI






Tecido de alta absorção com betume



Grades de reforço



Combinação de geogrelha com um tecido de alta absorção

	Absorção de deformações e tensões
	Impermeabilidade
	Reforço

X
X

X
X

X

X
X
X

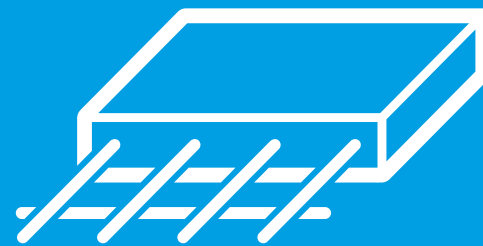
GUM



Fornecido por betume ou  
camada betuminosa



Fornecido por uma geogrelha  
que pode consistir em plástico,  
vidro, aço ou carbono



Reforço

## Existem camadas intermédias de reforço em diferentes materiais

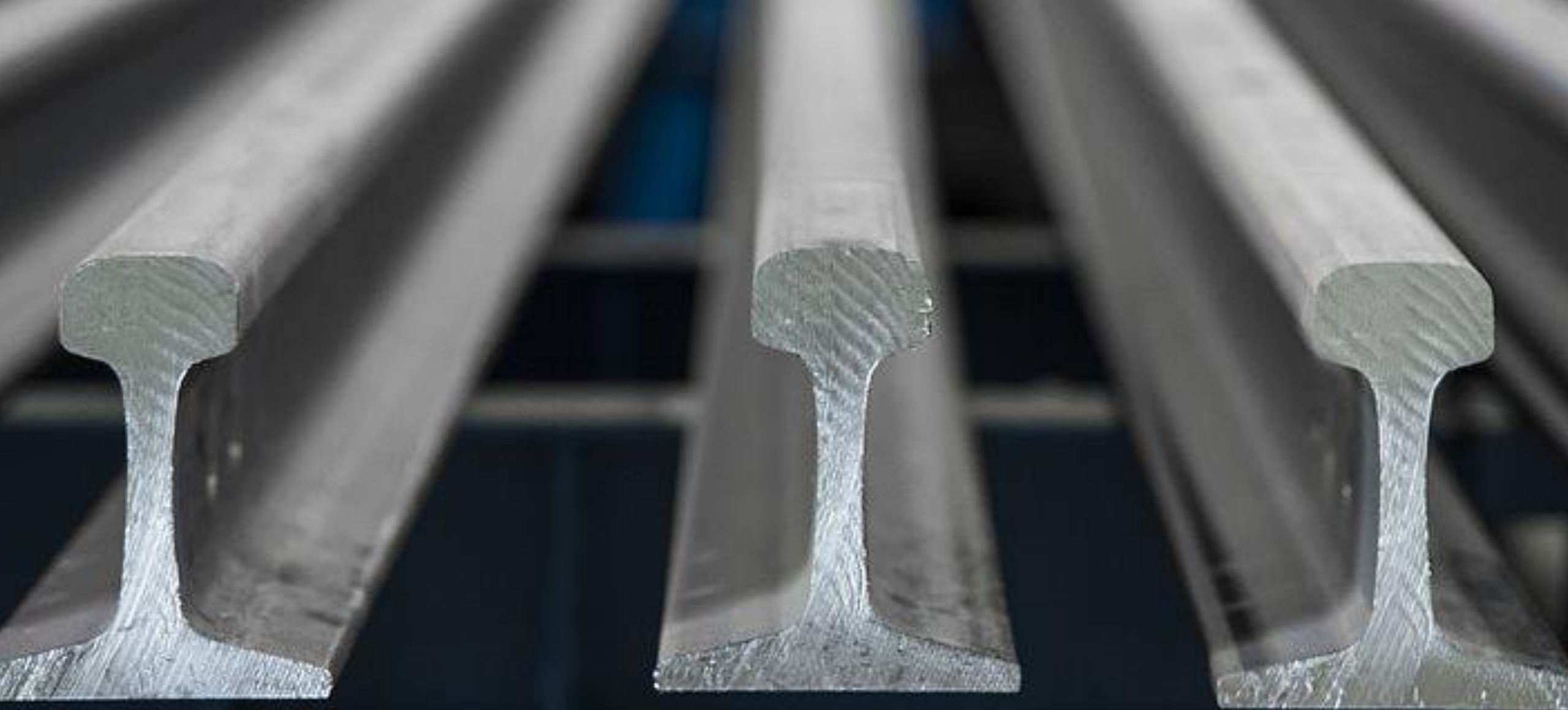
	Plástico	Vidro	Carbono	Aço
Economia Circular ('Cradle to Cradle')	--	--	--	++
Alto módulo de Young	-	+	+++	++
Estável em todas as situações	--	--	--	++

# Existem camadas intermédias de reforço em diferentes materiais

O aço tem a melhor pontuação geral



	Plástico	Vidro	Carbono	<b>Aço</b>
Do berço ao berço	--	--	--	<b>++</b>
Alto módulo de Young	-	+	+++	<b>++</b>
Estável em todas as situações	--	--	--	<b>++</b>



Vejam os mais de perto as  
**características do produto de aço**



O aço é o produto de reforço de referência na construção.

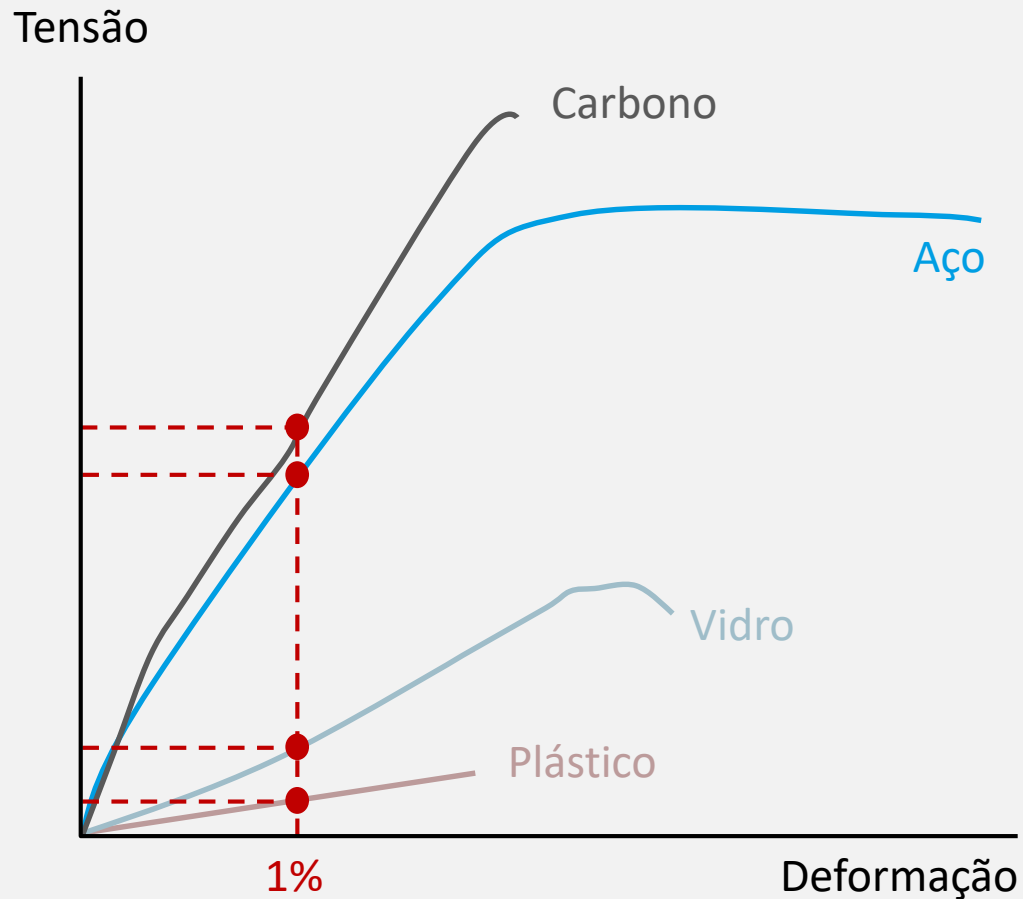
É um material de construção de alta qualidade que comprovadamente fornece suporte sólido para todos os tipos de aplicações





O aço é o único material reciclado permitindo uma economia circular.

O aço é atualmente o material mais reciclado do mundo. Ao contrário de muitos plásticos e materiais de papel, o aço não se degrada na qualidade cada vez que é reprocessado.



## Estruturas de aço proporcionam durabilidade a longo prazo

O aço tem um módulo de young muito alto. O módulo de Young, também conhecido como módulo de elasticidade, é uma medida da rigidez de um material sólido. Ele define a relação entre tensão (força por unidade de área) e deformação (deformação proporcional) num material.



O aço é um material estável em todas as situações



Falemos sobre soluções

# Dependendo do tipo de problema ...

Fissuração de estrada

Problema estrutural



Fissuras de reflexão



Fissuras locais



Lage continuamente reforçada



Lages de betão separadas



Assentamentos



Deslizamento lateral



Fissuração por fadiga

... A Bekaert oferece 2 soluções únicas baseadas em aço para renovação de estradas de longa duração:

Fissuração de estrada

Problema estrutural



**Fortifix® interlayer**

Fissuração de estrada



**Mesh Track® interlayer**

Problemas estruturais



**Fortifix<sup>®</sup>**

[erik.ulrix@biu.pt](mailto:erik.ulrix@biu.pt)

Nossa solução para fissuração em estradas







Fortifix® é uma solução de reforço de asfalto à base de aço para prevenção de fissuração

Grelha :	40 x 30 mm
Resistência à tração:	42 x 54 kN/m
Módulo de Young	190 GPa
Rigidez à tração	2900 x 3900 kN/m
Peso	353 g/m <sup>2</sup>
Suporte	tecido PET
Retenção de betume	500 g/m <sup>2</sup>

# Benefícios de Fortifix®



100% reciclável (por  
moagem, separação)



Instalação simples



Tecnologia inovadora



Tempo de vida  
prolongado



# Tecnologia inovadora

[erik.ulrix@biu.pt](mailto:erik.ulrix@biu.pt)

Combinando o nosso conhecimento de produtos clássicos de reforço de asfalto como o Mesh Track®, e a nossa capacidade de criar soluções avançadas de cordão de aço, fomos capazes de ampliar a nossa gama de produtos com uma camada intermédia para reparação anti-fissuração. O Fortifix® é um excelente exemplo de uma solução baseada em décadas de experiência, feedback do cliente e testes extensivos.



O Fortifix® é feito de um cabo de aço flexível e de alta resistência. A malha de cabo de aço galvanizado é mantida em posição num tecido de baixo peso.



Alta rigidez



Forte



Flexível



Leve



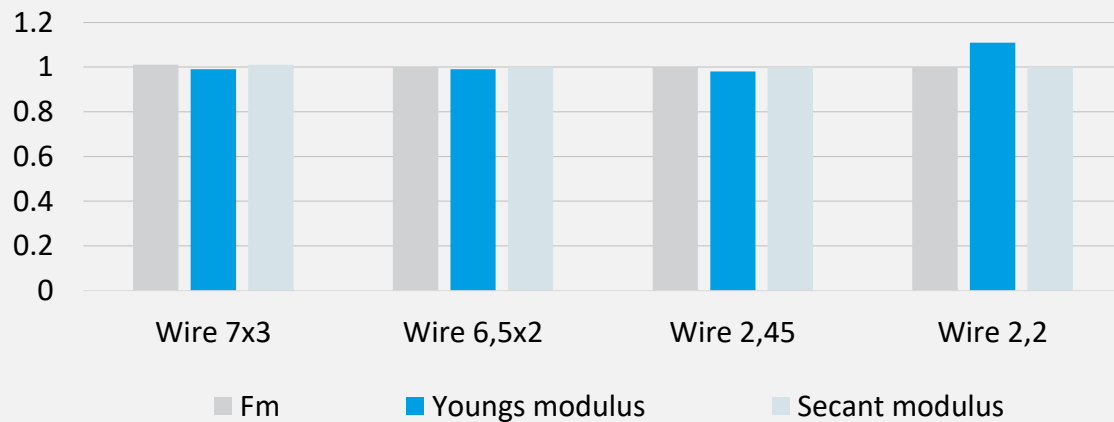
Tempo de vida prolongado



Fortifix® aumenta significativamente a ESTABILIDADE e a durabilidade do pavimento betuminoso.

Isto é o resultado da capacidade do material de manter a sua alta rigidez e a sua posição ideal após a instalação.

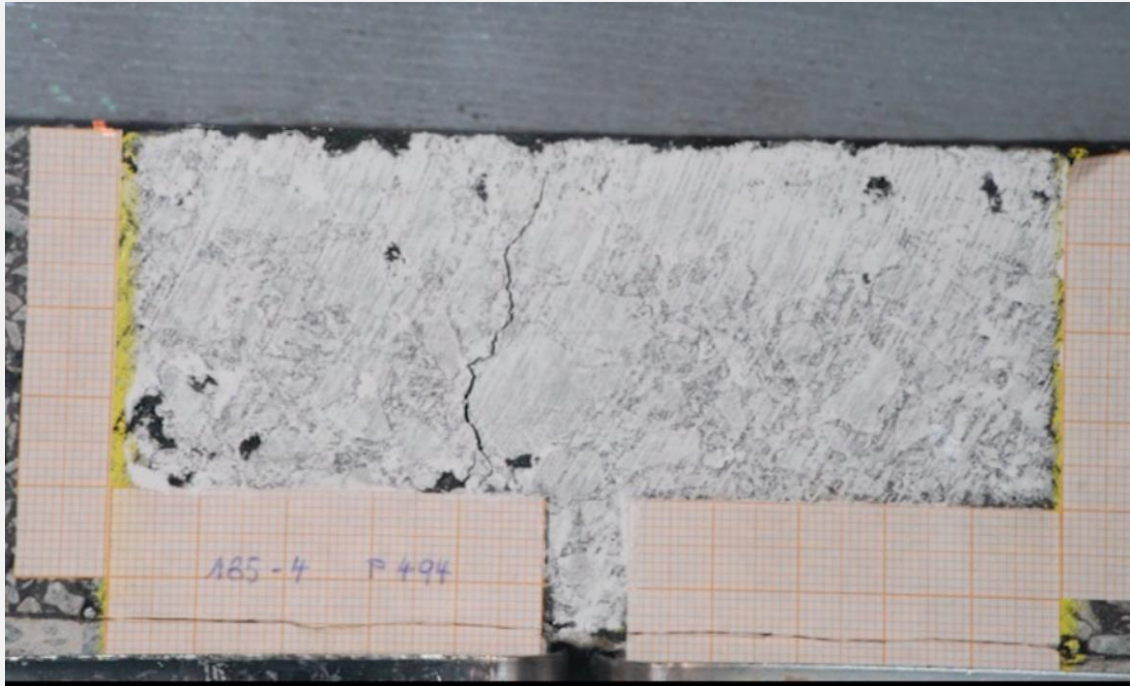
Valores normalizados  
Instalação real / como recebido



O tráfego pesado e contínuo não afeta a resistência e os módulos de Young & secante do aço.

O Fortifix® foi ajustado por meio de simulações de elementos finitos (FEM). Testes de desempenho extensivos, incluindo testes de flexão de 3 pontos, testes de placa térmica e testes de adesão mostraram que a camada intermédia tem uma rigidez alta à tração e aumenta significativamente o tempo de vida de fadiga das estradas.

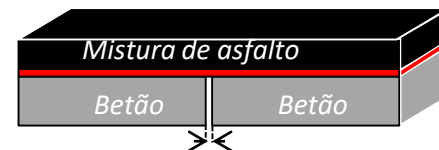




# Teste de placa térmica

## Princípio

- › espécime no leito de esferas de aço para deslocamento horizontal livre;
- › câmara climática condicionada a  $-10^{\circ}\text{C}$ ;
- › abertura cíclica lenta e fechamento de juntas (1mm) por contração e expansão do quadro de carga;
- › **Observações:**
  - iniciação e desenvolvimento de fissuras (por fotos);
  - Força aplicada
  - junta de abertura (0-1mm);
  - deslocamento relativo em sobreposição (2cm acima da junta).



1

**Referência**

**Sem camada intermédia**

+ 300 g/m<sup>2</sup> revestimento de aderência

2



**Fortifix®**

42x54 kN/m  
2900 x 3900 kN/m  
+ 300 g/m<sup>2</sup> revestimento de aderência

3

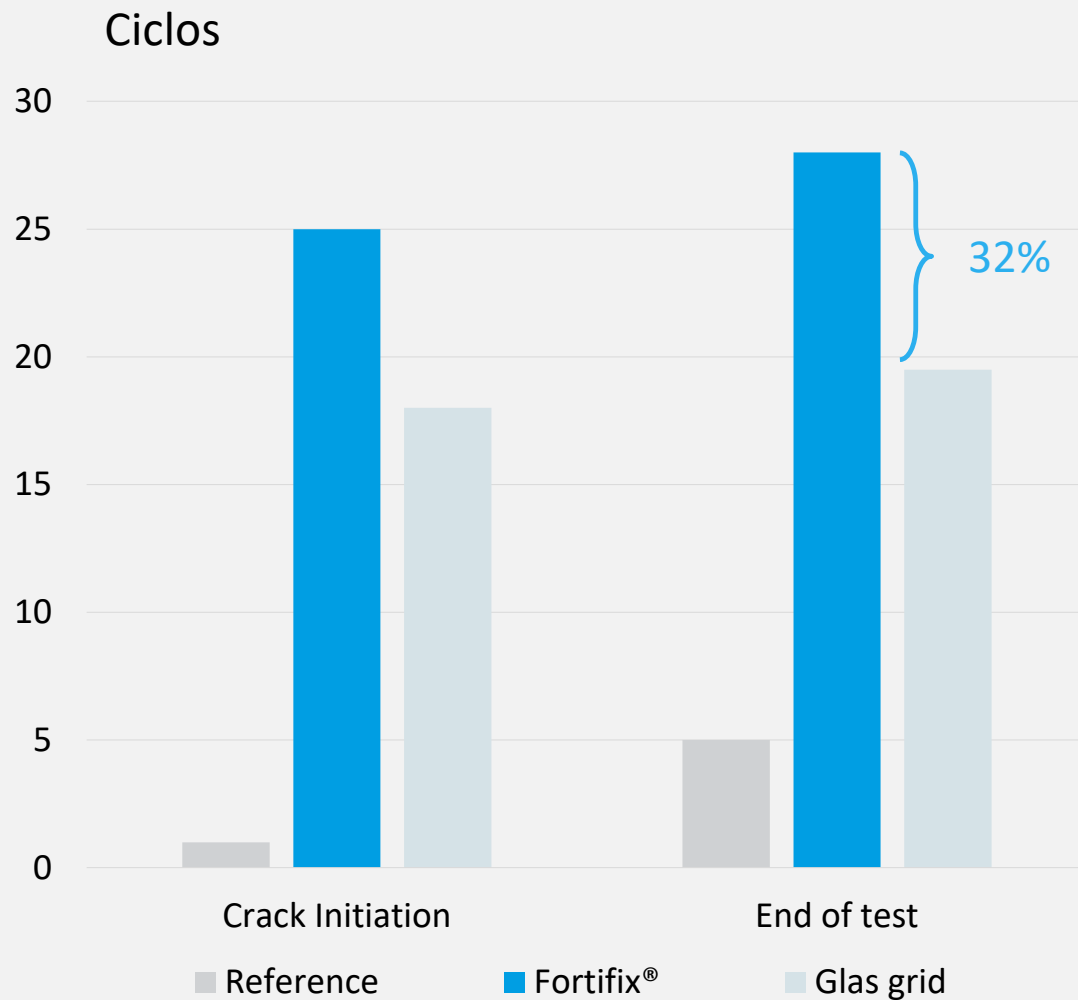


**Grelha de vidro 35x35**

70 x 100 kN/m  
2800 x 4000 kN/m  
+ 300 g/m<sup>2</sup> revestimento de aderência

Todos os testes foram feitos no mesmo período para garantir que não houvesse diferenças nos materiais usados.

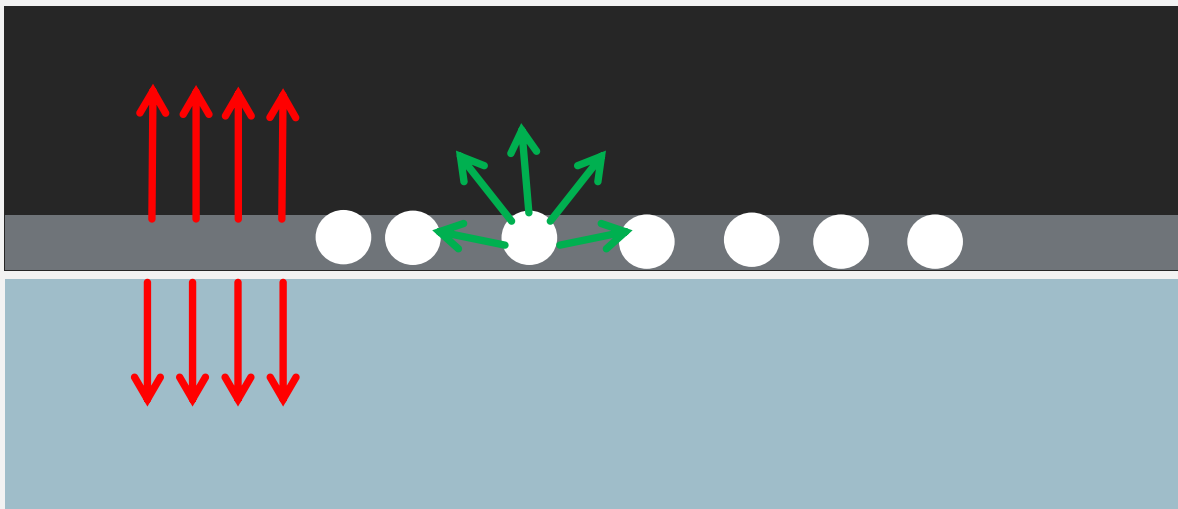
Teste de placa térmica  
Sistemas de camada intermédia comparados



As propriedades anti-fissuras superam claramente comparadas com a grelha de vidro com EA similar e maior resistência à tração.

A vida útil do Fortifix® é 32% maior do que a grelha de vidro

	Sem camada (referência)	Grelha de vidro	Fortifix®
Preço (instalação incluída)	/	Mesmo preço	Mesmo preço
Tempo de vida	x	x + 400%	x + 600%



→ Adesão      → Mecânico & fricção

## Teste de placa térmica

### Conclusão

A razão para o melhor desempenho do aço pode ser encontrada no melhor 'interlock' entre o aço e o pavimento betuminoso.

A malha bastante aberta também permite uma melhor aderência entre camadas.

A resistência à tração é menos importante para o desempenho.



100% reciclável (por  
freesagem, trituração,  
separação)



## 100% reciclável

As propriedades magnéticas do aço garantem uma separação perfeita de aço e asfalto, permitindo a reciclagem de 100% dos materiais, tanto do aço quanto do material betuminoso.





Instalação simples



## Instalação simples

Fortifix® permite uma instalação rápida e correta. A camada intermédia pode ser facilmente aplicada, manualmente ou mecanicamente, em superfícies ásperas e lisas.

Não necessita de uma camada de regularização prévia à rega e aplicação da grelha.





## Diretrizes de instalação

### Passo 1

Frese a superfície ou aplique um primário para suavizar bordas ásperas.  
Buracos e fissuras flagrantes devem ser tratados separadamente.



## Diretrizes de instalação

### Passo 2

Limpe (escovar, soprar) a superfície com rigor.

A superfície deve estar seca antes de avançar para o próximo passo.



## Diretrizes de instalação

### Passo 3

Aplicar uma emulsão betuminosa, de preferência modificada com polímero, na superfície.

Respeitar uma quantidade de betume **residual** de pelo menos 500gr/m<sup>2</sup>.



## Diretrizes de instalação

### Passo 4

Desenrole o Fortifix®, manual ou automaticamente, sobre o revestimento molhado. Assegure que a malha esteja completamente **plana**. Certifique-se de que o reforço esteja fixo na superfície antes de passar para o próximo passo.



## Diretrizes de instalação

### Passo 5

Espalhe cerca de 100g/m<sup>2</sup> de agregados na camada intermédia Fortifix para aliviar a aderência dos pneus de construção ao Fortifix® (ensaibramento) ou rega termo-aderente.





## Diretrizes de instalação

### Passo 6

Após a ruptura da emulsão, o Fortifix® pode ser coberto de imediato com o betuminoso quente.

Recomendamos uma camada mínima de 3 cm.

# Fortifix®

numa olhadela

Fortifix® é uma solução de reforço de pavimentos betuminosos à base de cabos de aço para a prevenção de fissuras

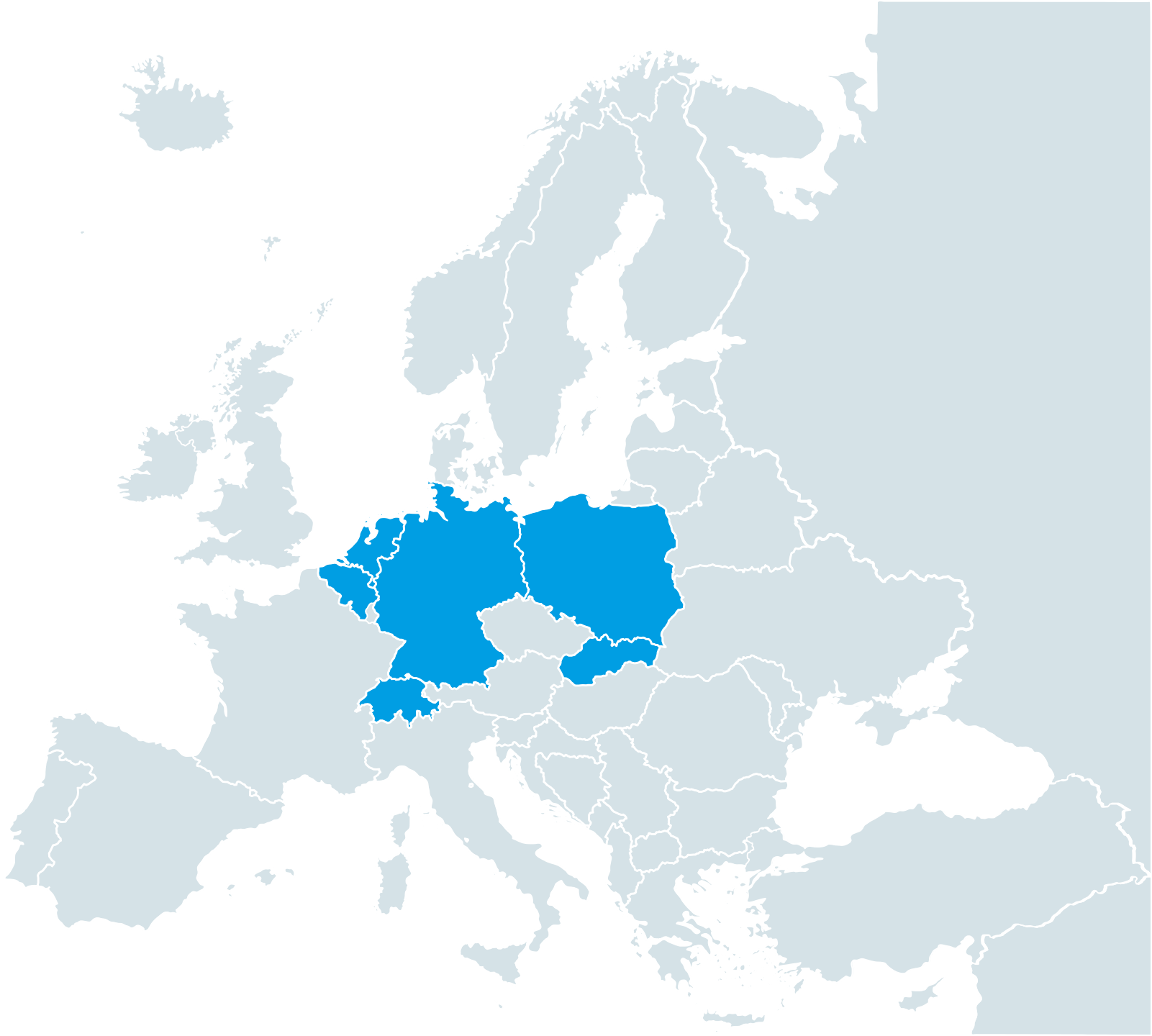




# Referências

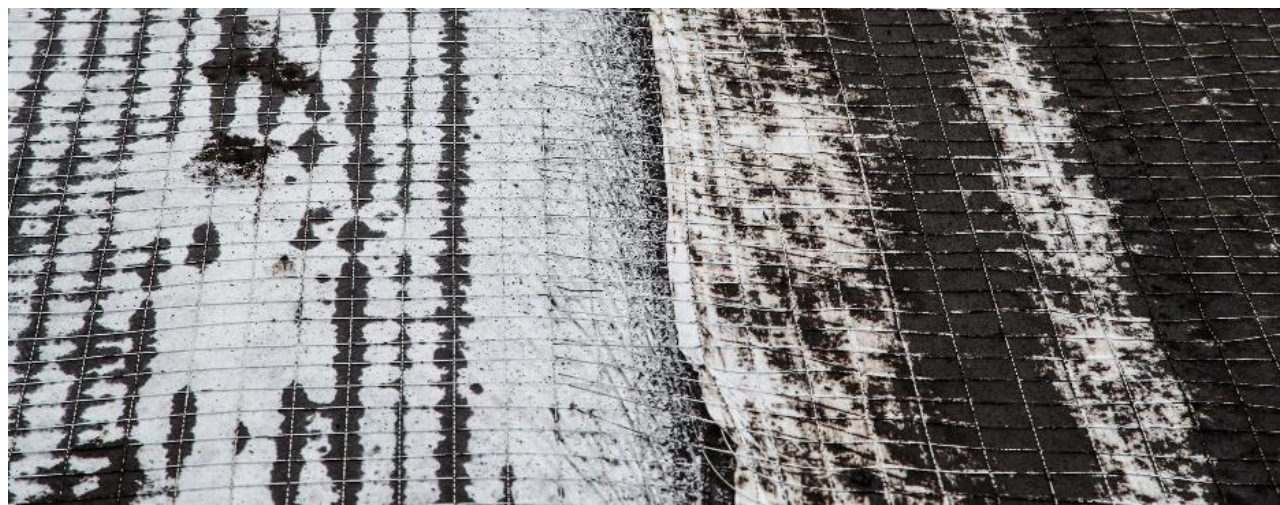


Fortifix já foi instalado  
em diferentes países  
europeus



# Lemmer, De Friese Meren, Holanda

Novembro 2017



# Dwarsstraat, Grauw, Holanda

Agosto 2017



# Maisières, Bergen, Bélgica

Outubro 2017





# Mesh Track®

Nossa solução para problemas  
estruturais de estradas





## Mesh Track<sup>®</sup> é uma solução de reforço de asfalto estrutural à base de aço

Grelha:	118 x 80 mm
Resistência à tração:	40 x 50 kN/m
Módulo de Young	200 GPa
Rigidez à tração	23 x 29 x 1.000 kN/m
Peso	1,73 kg/m <sup>2</sup>

# Benefícios do Mesh Track®



100% reciclável



Instalação  
profissional



+ 30 anos de  
tecnologia  
comprovada



Menor custo de  
investimento em  
comparação com a  
renovação completa  
da estrada

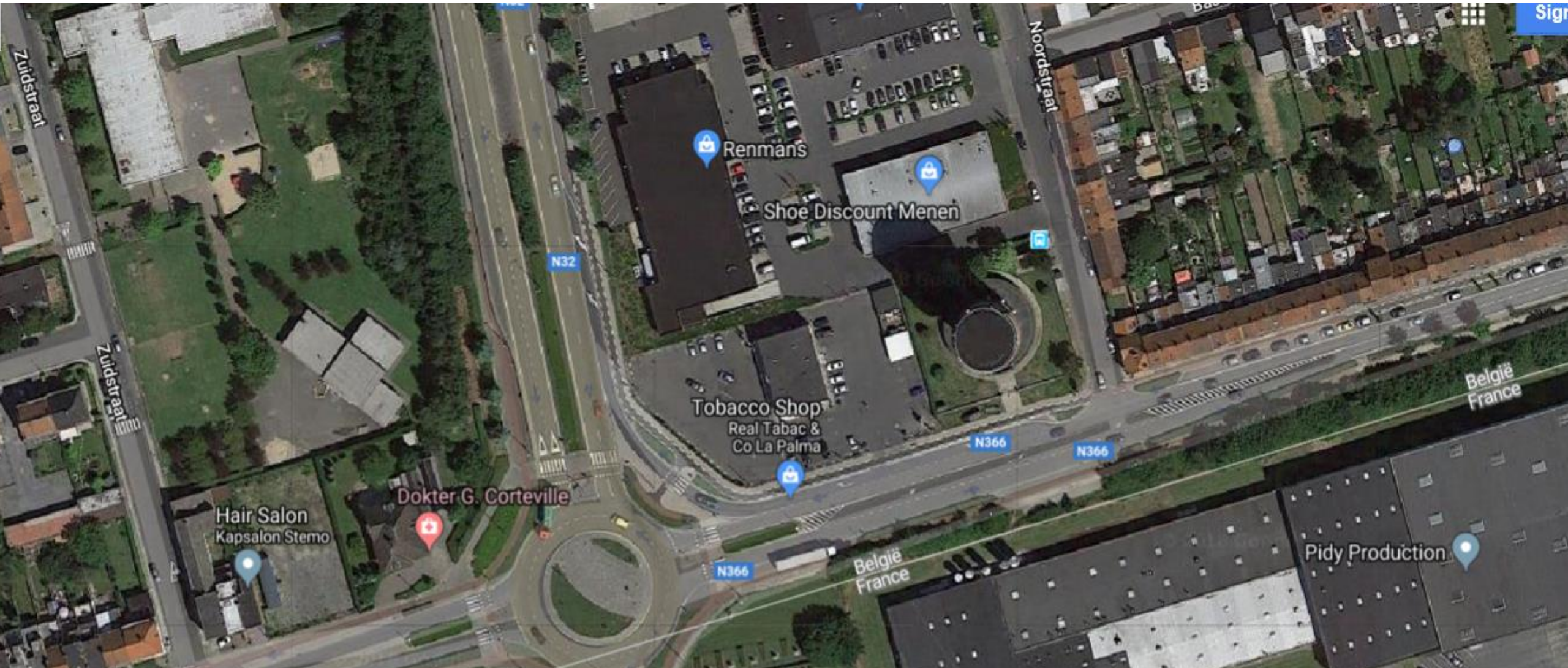




+ 30 anos de tecnologia  
comprovada

# Primeiro projeto Mesh Track®, Menen, Bélgica

1977



# Kerkstraat, Anzegem, Bélgica

1989



# Primeiro projeto Mesh Track<sup>®</sup> instalado com slurry Wellingstraat, Beernem, Bélgica

1991



## Techniek

Bekaert past nieuwe techniek toe bij renovatie van wegen

### Mesh Track wordt nu vastgeslemd

MESH TRACK, een produkt van Bekaert, wordt nu al enkele jaren in ons land toegepast. We hadden het er al meermaals over in ons blad en we verwijzen o.m. naar de Bouwkroniek van 16 november 1990, waarin we een beschrijving brachten, onder de titel "Mesh Track : de oplossing tegen spoorvorming" van de overlagingwerken die toen werden uitgevoerd ter hoogte van het kruispunt van de N 31 met de N 371 te Brugge. Momenteel zijn de werken aangevangen om alle kruispunten op de expressweg Brugge-Zeebrugge uit te voeren met Mesh Track. Sinds de eerste proefuitvoeringen, nu goed drie jaar

geleden, is Mesh Track in onze wegenbouw een vast begrip geworden en vele wegen, zowel asfalt- als betonwegen, werden sindsdien met Mesh Track gerenoveerd.

#### Mesh Track, een nieuwe technologie

Mesh Track bestaat uit een verzinkt staaldraad gevlochten gaas, dat op regelmatige afstanden is versterkt met een driedraads streng. De zeshoekige mazen ontstaan door de draden onderling te tordenen; in deze torsie is de streng aangebracht. Mede door de zeer hoge elasticiteit van de streng wordt een opti-

mak verdeling van de aslasten gegarandeerd, ook bij langdurig intensief gebruik.

Bij onze eerste kennismaking met Mesh Track werd door een Wirtgen-machine de bestaande asfaltlaag weggeschrapt over een breedte van 3 m. Daaronder zat een laag mager beton, dat werd geborteld en de Mesh Track-bewapening kon worden uitgerold. En dan toog een ploeg (in dit geval van 4 man) aan het werk om met Hilti-gereedschap het net op de onderlaag te bevestigen. Op de eerste en laatste twee strengen werden om de 50 cm haakbeugels geplaatst, verder ongeveer 4 bevestigingen per m<sup>2</sup>.

#### Nieuwe techniek op N 368

Vooral dat bevestigen was nog een vervelende en tijdrovende karwei en daarbij kwam dat de bovenlaag voldoende dik moest zijn opdat de bevestigingsbeugels voldoende dekking zouden hebben.

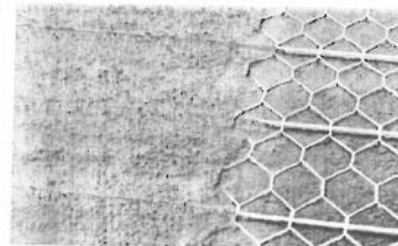
Daarop heeft Bekaert, dat uiteraard niet stil zit en steeds naar nieuwe technieken zoekt, wat gevonden. De Mesh Track wordt nu niet meer vastgehecht met beugels, maar d.m.v. een dunne slemlaag.

Het systeem werd op enkele proefstukken uitgetest en de resultaten werden dermate bevredigend bevonden dat de Dienst der Wegen besloot het nieuwe systeem toe te passen op de rijksweg N 368 tussen Beernem en Hertsberge. Het gaat hier om een stuk weg van 3,200 km, 9 m breed, dat dringend aan renovatie toe was. Maar dan toch weer niet in zulkdanige staat dat het nodig was het volledige wegdek op te breken en volledig te vernieuwen. Men besloot derhalve tot een overlaging en een bewapening in te bouwen.

Aangezien het wegdek nogal wat onffenheden vertoonde, werd besloten eerst een uitvlakingslaag (6 cm) aan te brengen op het bestaande wegdek, de betonnen stootbalken aan de zijkanalen inclus. Daarop werd, na voldoende uitharding, het wapeningsnet uitgerold. Dat gebeurt over de kop heen, zodat de hol gebogen zijde onder komt te liggen. Het net wordt vastgemaakt aan het begin en aan het uiteinde, zodat het strak blijft liggen. En dan kan de slemlaag (zand-samenstelling L5, fijne steenslag en 15 % emulsie, gemengd met water) worden aangebracht. Een vrachtwagen met menginstallatie en achteraan een toestel om de slemlaag te verdelen, rijdt over het net met een snelheid van



Het plaatsen van de slemlaag gaat zeer vlug ...



... en dat is het resultaat. Na goed 1 u mag men beginnen te asfalteren



## Menor custo de investimento em comparação com a renovação completa da estrada

Trabalhar com o Mesh Track® também acelerará a construção, não tendo que expor a estrutura do pavimento subjacente.

# DK94, Polónia

2005



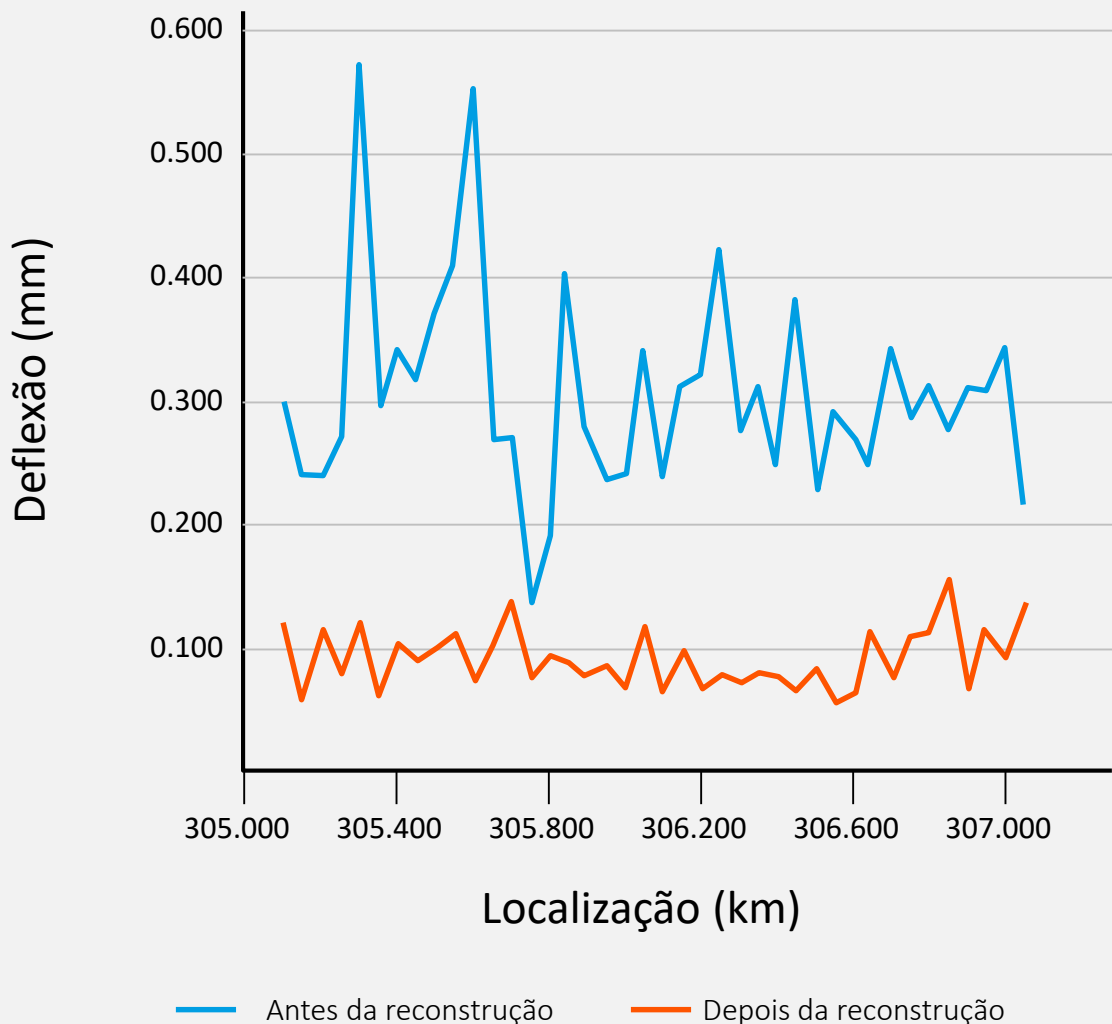
2016



**Dr Inż. Piotr Zieliński**  
**Politechnika Krakowska**

P. Zieliński, Steel mesh efficiency test for repair of asphalt pavements, Krakow,  
24-25<sup>th</sup> November 2016

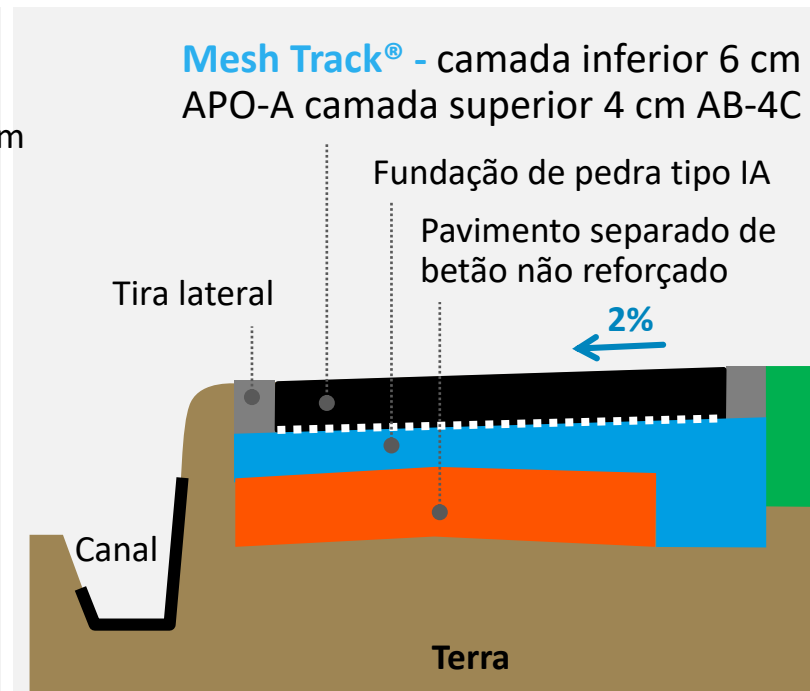
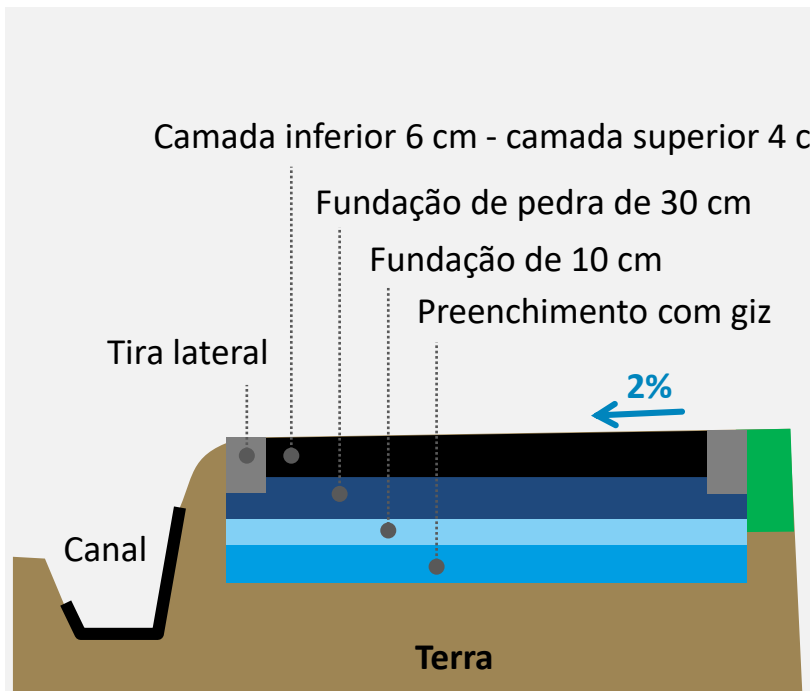
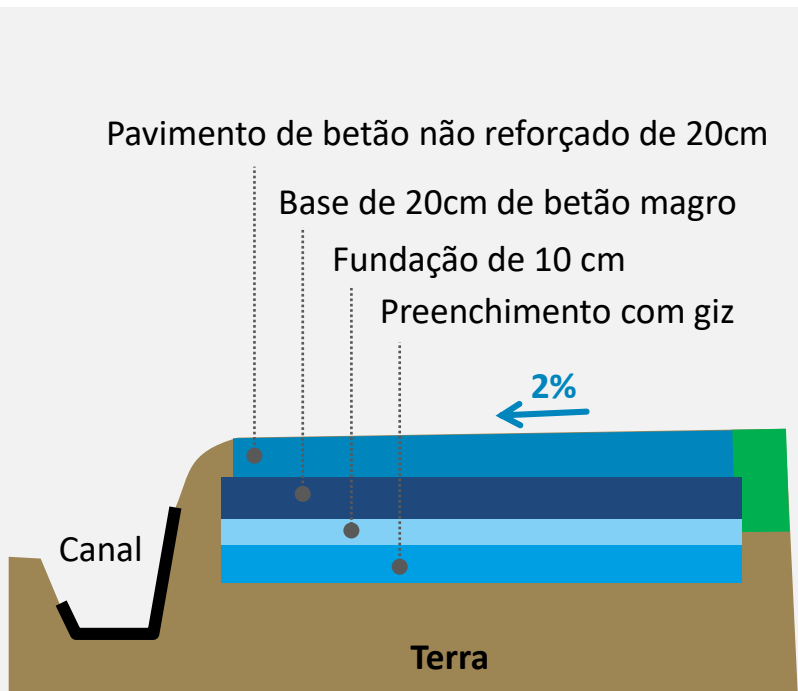
erik.ulrix@biu.pt



## Conclusão

- › **As medidas de deflexão na seção reforçada** mostram menor deflexão do que o programa BISAR de deflexões designado para um modelo sem grade.
- › O aumento da capacidade de suporte dos pavimentos reconstruídos, estimado com base nas medições da FWD, é muito importante. A resistência da superfície nas secções analisadas das estradas classificadas de acordo com o DSN enquadra-se na classe A, o que significa **vida em fadiga como novo pavimento (mínimo de 20 anos)**.
- › **A melhor eficiência da malha de aço** foi observada nas secções onde a capacidade de suporte de carga da superfície antes da reconstrução era a mais baixa e onde a rede estava localizada na zona de tração.

# Trabalhar com Mesh Track® leva menos tempo e é mais barato



Preço de renovação 172.000 € (VAT incl.)

142.000 € (VAT incl.)

110.000 € (VAT incl.)

Tempo de renovação 10 weeks  
(trabalhos de escavação e cura de betão incl.)

8 semanas  
(trabalhos de escavação incl.)

4 semanas





100% reciclável

# Mesh-track® é reciclável Economia Circular ('Cradle to Cradle')



Nós aconselhamos a colocá-lo mais fundo na estrutura (não sob a camada superior), quando tem que ser removido, será feito em conjunto com a estrada inteira.



# Instalação profissional

Trabalhamos em conjunto com empresas de instalação profissional.  
Você pode confiar na sua experiência para a instalação do Mesh Track®.



## Diretrizes de instalação

### Passo 1

Frese a superfície e aplique uma camada de regularização em caso de danos graves. Preencher e compactar grandes fissuras ou falhas.



## Diretrizes de instalação

### Passo 2

Limpe (escovar, soprar) a superfície com rigor.

A superfície deve estar seca antes de avançar para o próximo passo.



## Diretrizes de instalação

### Passo 3

Desenrole o Mesh Track®.  
Sempre desenrole com a parte 'boleada'  
do material para cima.



## Diretrizes de instalação

### Passo 4

Corte o fio da borda para facilitar o achatamento. Aproximadamente a cada 10m.



## Diretrizes de instalação

### Passo 5

- ① **Coloque o começo do 2º rolo debaixo do final do 1º rolo**  
Longitudinalmente  
= max.1 sobreposição de malha  
= min. de ponta a ponta
- ② **Evite a sobreposição de barras planas transversais**  
Transversalmente  
= 30 cm de sobreposição (empalme)





## Diretrizes de instalação

### Passo 6

Alisamento com uma máquina com pneus de borracha.

Não tensione a malha, pois isso pode fazer com que ela se curve.

Comece no centro do rolo

Continue até que a malha esteja completamente plana



Fim do rolo

80 cm.

● Primeira barra plana torcida

## Diretrizes de instalação

### Passo 7

Conserte a primeira barra transversal  
Aproximadamente a cada 80 cm  
Pregue imediatamente antes da operação  
de selagem com slurry



## Diretrizes de instalação

### Passo 8

Selagem com slurry

Dosagem: 20- 25 Kg/m<sup>2</sup>

- › Use um slurry de emulsão betuminosa modificada

# Mesh Track®

## Numa olhadela

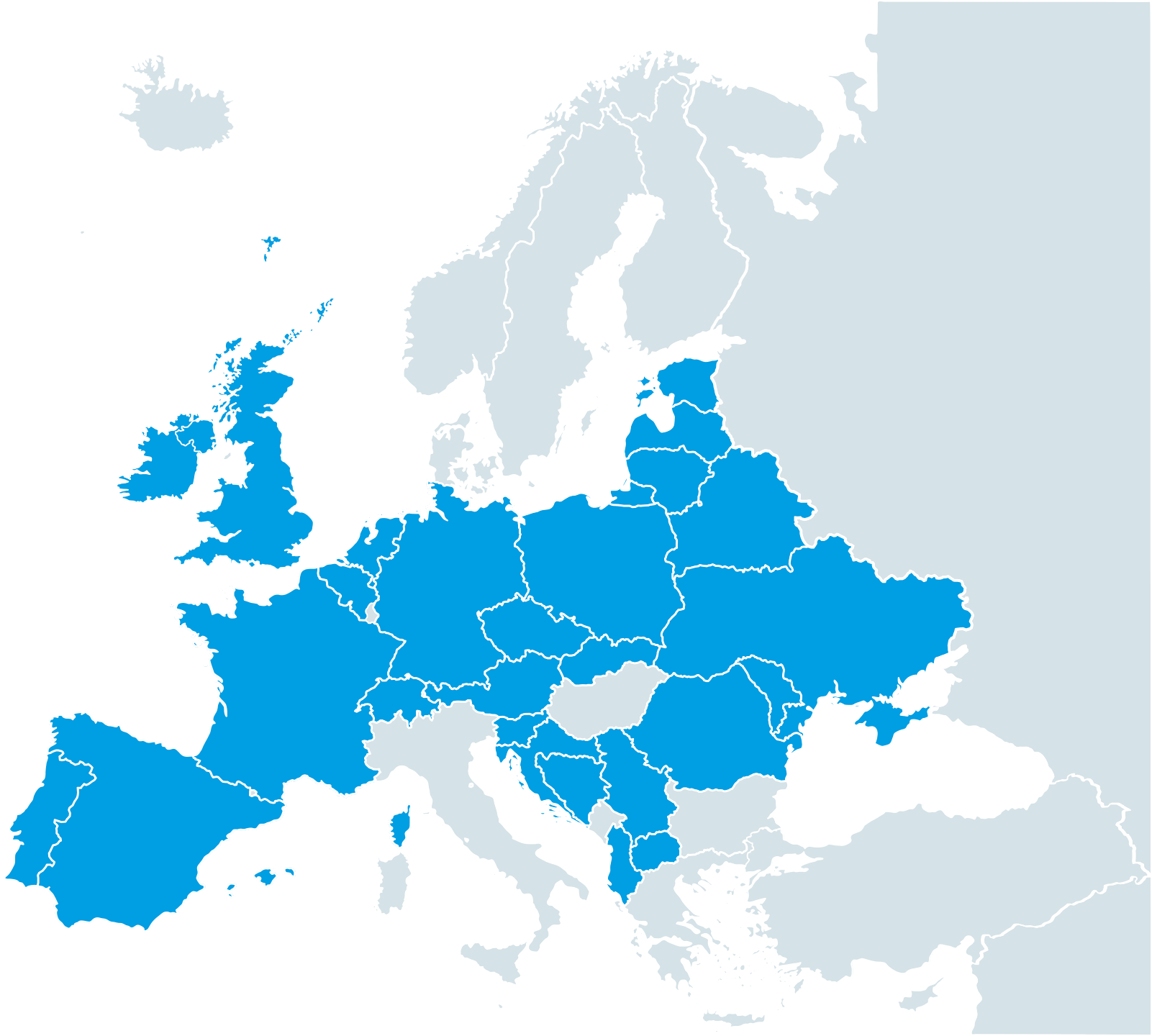
Mesh Track® é uma solução de reforço estrutural do pavimento betuminoso à base de malhas de aço.





# Referências

Mesh Track foi  
instalado na maioria  
dos países europeus



# Arolla, Canton du valais, Suíça

Julho 2017



# Pista e rampa do aeroporto Erfurt Weimar, Alemanha

2014





# N44 Knokseweg, Knesselare, Bélgica

Março 2009



# Deelen Airport, Holanda

2014



erik.ulrix@biu.pt



Nós temos as melhores  
camadas intermédias  
baseadas em aço, mas o nosso  
pessoal faz a diferença

Os nossos profissionais altamente qualificados têm uma ampla experiência e o orientarão e apoiarão por meio de um trabalho para:



determinar a solução  
mais adequada



fazer os cálculos  
necessários



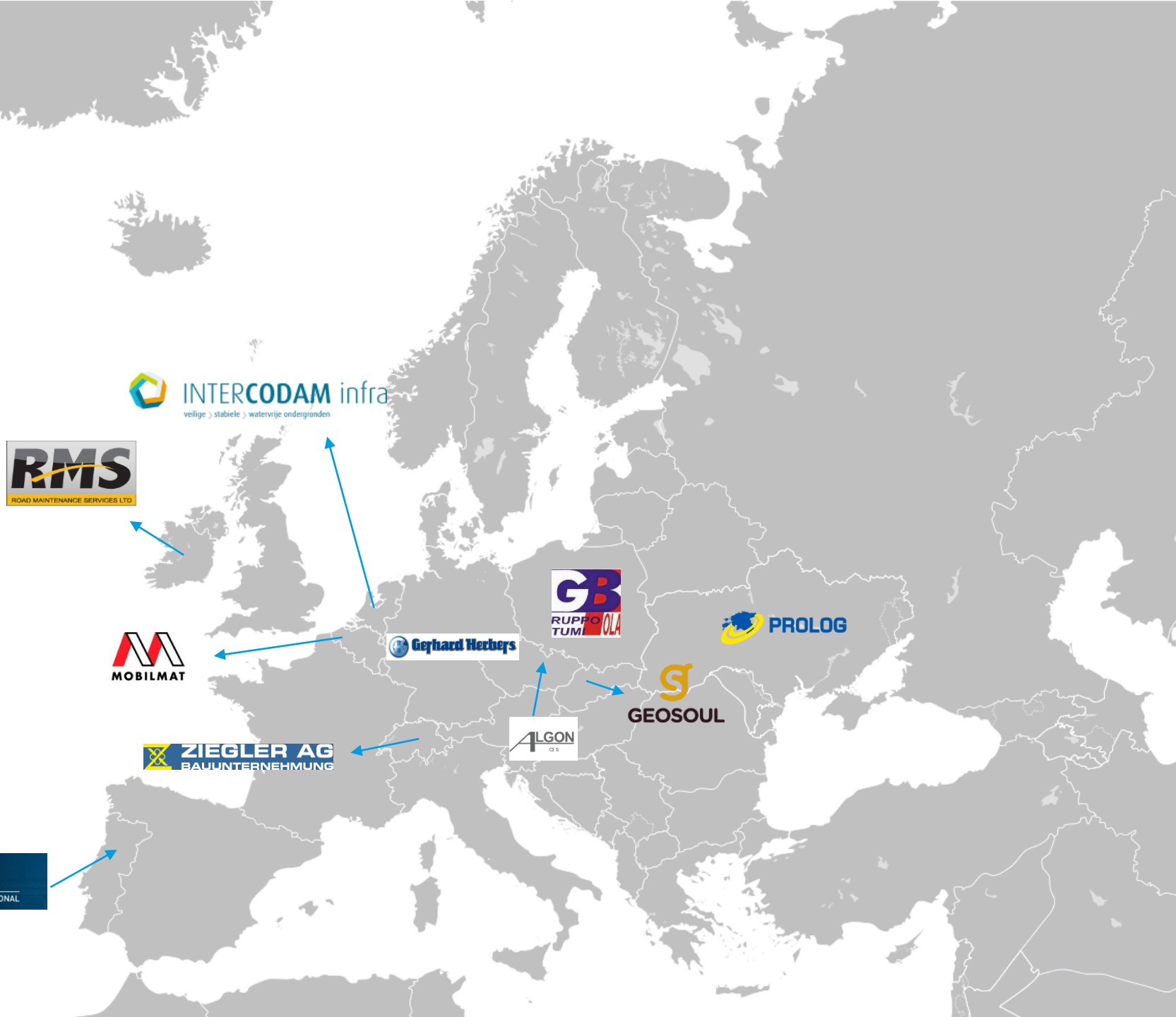
e/ou para aconselhá-  
lo sobre o melhor  
uso/installação

[erik.ulrix@biu.pt](mailto:erik.ulrix@biu.pt)

Nossos parceiros estão estrategicamente situados, perto de si.



erik.ulrix@biu.pt



 **BEKAERT**

better together