



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Themamiddag Voegovergangen

Programma themamiddag



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

- **Opening** – Nico Booij
- **Inleiding problematiek** – Jan Voskuilen
- **Terugblik prijsvraag** – Jan Voskuilen
- **Toepasbaarheid flexibele voegovergangen**
– Frank van Beek
- **Beleid en regelgeving**
– Willem-Jan van Vliet
- **Proeven en onderzoeksontwikkelingen**
– Dave van Vliet / Paul Kuijper
- **Pauze**
- **Oplossingen:**
 - **Flexibel**
– Richard Breure / Ronald Diele / Arno Leegwater
 - **Verborgen**
– Gerbert van Bochove
 - **Integraal**
– Jeroen Schrader
- **Vragen en discussie**
- **Wrap-up en afsluiting met borrel**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

INLEIDING PROBLEMATIEK

Jan Voskuilen –

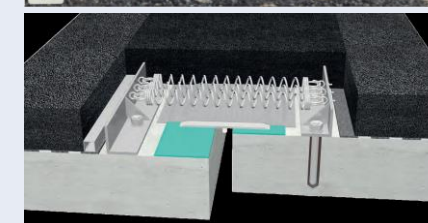
GROENASfalt
advies in wegenbouw

Verleden, heden en toekomst

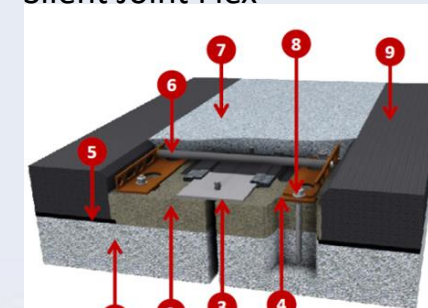


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

1982	Introductie 1 ^e bitumineuze VO: ThormaJoint
1990	Introductie van ZOAB als standaard deklaag
1994	Bitumineuze voegovergangen, richtlijnen voor ontwerp en uitvoering
2006	Eerste Silent joints in NL A58 en A18
2008-2012	Prijsvraag Stille duurzame voegovergangen
2013	RTD 1007- 4 Richtlijnen Flexibele VO (1.0)
2013	ETAG n°32 deel 3 FPEJ
2016	Evaluatie Monitoring Silent Joint uit 2006
2019	RTD 1007- 4 Richtlijnen Flexibele VO (2.0)
Toekomst	Introductie in NL van kunststof bindmiddelen



Silent Joint Flex



Polyflex Advantaged PU

Eerste ervaringen

- 1982-1994 Goede ervaringen met Thorma Joints, maar vaak mislukkingen met look-a-likes
- 1994 Richtlijnen: veel witte vlekken o.a. geen eisen voor bindmiddel en toelaatbare voegbewegingen onbekend
- 2004 Enquête levensduur bitumineuze voegovergangen: gemiddeld slechts 3,5 jaar, veel spreiding.



Dilemma wegbeheerder

Keuze voor automobilisten, dan **harde voegovergang**.

Deze heeft een zeer lange levensduur, maar produceert veel geluid.

Keuze voor omwonenden, dan **zachte voegovergang**. Deze is sterk geluidsreducerend, maar levert veel verkeersstremmingen op door korte levensduur in vergelijking met omliggend asfalt.

Er is dus sterk behoefte aan stille voegovergangen, die minimaal net zo lang meegaan als het omliggende asfalt.

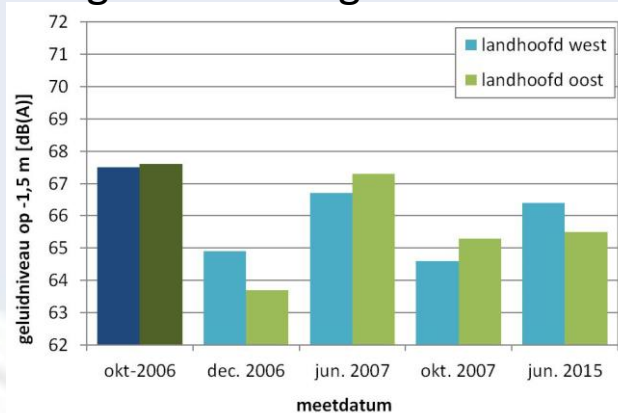


Ervaringen vanaf 2006

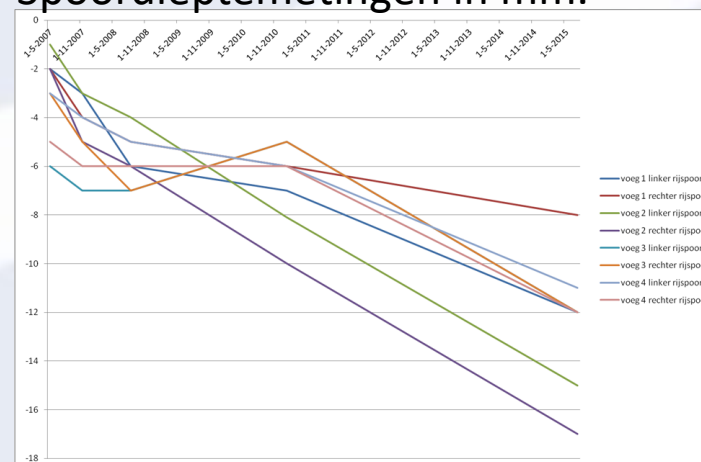
Zeer wisselende ervaringen met bitumineuze voegovergangen
In 2006 introductie van Silent Joint in Nederland door Schagen.
Proefvakken:

- A18 Bielheimerbeek: 2 SJ 500 met SJ 700 veren vanwege de kruisingshoek
- A58 Daesdonk: 4 SJ 500 (zie onderstaande proefresultaten)

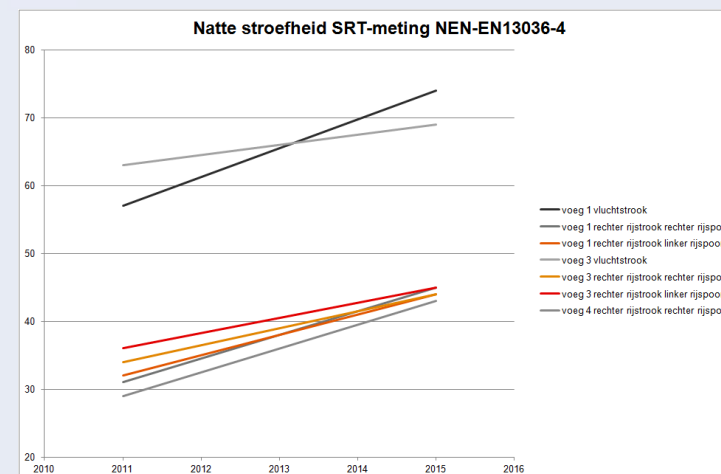
v.b. geluidsmetingen lichte mv.



Spoordieptemetingen in mm.



Stroefheidsmetingen (SRT)



Ervaringen vanaf 2006

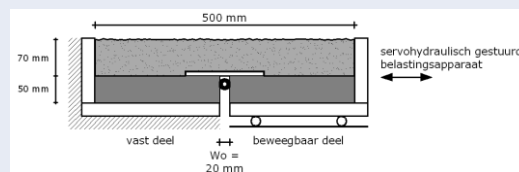


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

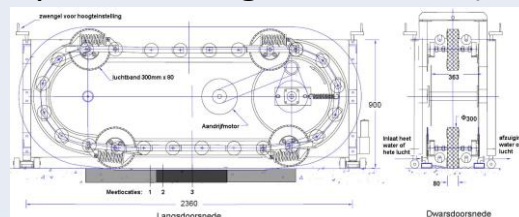
- 2008 Start RWS prijsvraag Stille Duurzame Voegovergangen
- (wordt in de volgende presentatie behandeld)
- 2013 Introductie RTD 1007-4 (1.0)



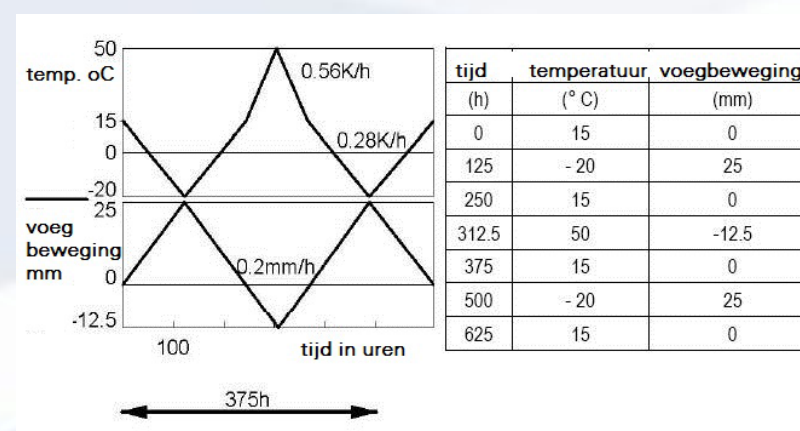
Bewegingssimulator (EMPA)



Spoorvormingsweerstand (MMLS)



Rek/stuik hoog freq. en laag cycl. vermoeiingsproef Stroefheid (SRT)



O.b.v. de RTD 1007-4 (1.0) zijn inmiddels de Breure FPEJ (2018) en de Silent Joint (2019) gevalideerd. Hopelijk volgen binnenkort meerdere verbeterde flexibele voegovergangen.



Nog een belangrijk punt

Stroefheid van voegovergangen wordt vaak gebagatelliseerd. Je hoort dan “Is die 50 cm nu zo belangrijk?”

Dat is het wel. Zie wat er kan gebeuren. Een motorrijder wisselt van rijstrook en passeert een te gladde langsnaad (eis SRT >45). Het contact tussen band en wegdek is ca. 50 cm.

Zie: <http://www.bmwgsclub.nl/forum/topic/65070-melden-bij-rijkswaterstaat-helpt/#comment-1102439>

Voordelen kunststof bindmiddelen

Voordelen:

Goede weerstand tegen rek/stuik -> zeer lange levensduur

Kan hoge rekken opnemen -> geschikt voor lange kunstwerken

Goede vermoeiingsweerstand -> bestand tegen hoogfrequente vert. bewegingen

Wordt koud aangebracht -> geen rook- en stof ontwikkeling

Korte inbouwtijd -> weg kan eerder worden opengesteld, minder verkeershinder

Waterdicht en geluidsarm -> goede functionele eigenschappen

Nog vragen over:

- lange-termijn stroefheid
- hergebruik.



Silent Joint Flex



Polyflex Advantaged PU



**Snelwegen zijn pas echt stil, als de
voegovergangen ook stil zijn!!!!**

**Als Flexibele Voegovergangen
minstens zo lang meegaan als
het omliggende asfalt, levert
dit minder verkeershinder op**



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Terugblik op prijsvraag Stille Duurzame Voegovergangen

Jan Voskuilen –

GROENASfalt
advies in wegenbouw

Waarom prijsvraag?



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Beleid RWS vanaf 1990: toepassen geluidsreducerend asfalt (ZOAB)
- Gemiddelde levensduur bitumineuze voegovergangen is slechts 3,5 jaar
- Grote spreiding in levensduur van bitumineuze voegovergangen
- Markt stimuleren om met innovaties te komen
- Faciliteren van onderzoek en snel toepasbaar maken





Gevolgen korte levensduur?

- Schade verhoogt geluidsproductie
- Vroegtijdig onderhoud → verkeershinder
- Hoge kosten, mede door verkeersmaatregelen
- Kapotte voegovergangen kunnen ook schade toebrengen aan kunstwerken

Eisen aan de Stille Duurzame Voegovergangen



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Ontwerplevensduur 10 jaar met minimaal hinder door onderhoud
- Geluidsreductie niet hoger dan dicht asfaltbeton
- Eisen aan dilatatiecapaciteit:
 - min. 20 mm horizontale verplaatsing in rijrichting
 - min. 2,5 mm verticale verplaatsing
 - min. 10 mm verplaatsing evenwijdig aan de voegovergang
- Milieuvriendelijkheid toegepaste materialen en herbruikbaarheid
- Kosteneffectiviteit.



Beoordelingscriteria

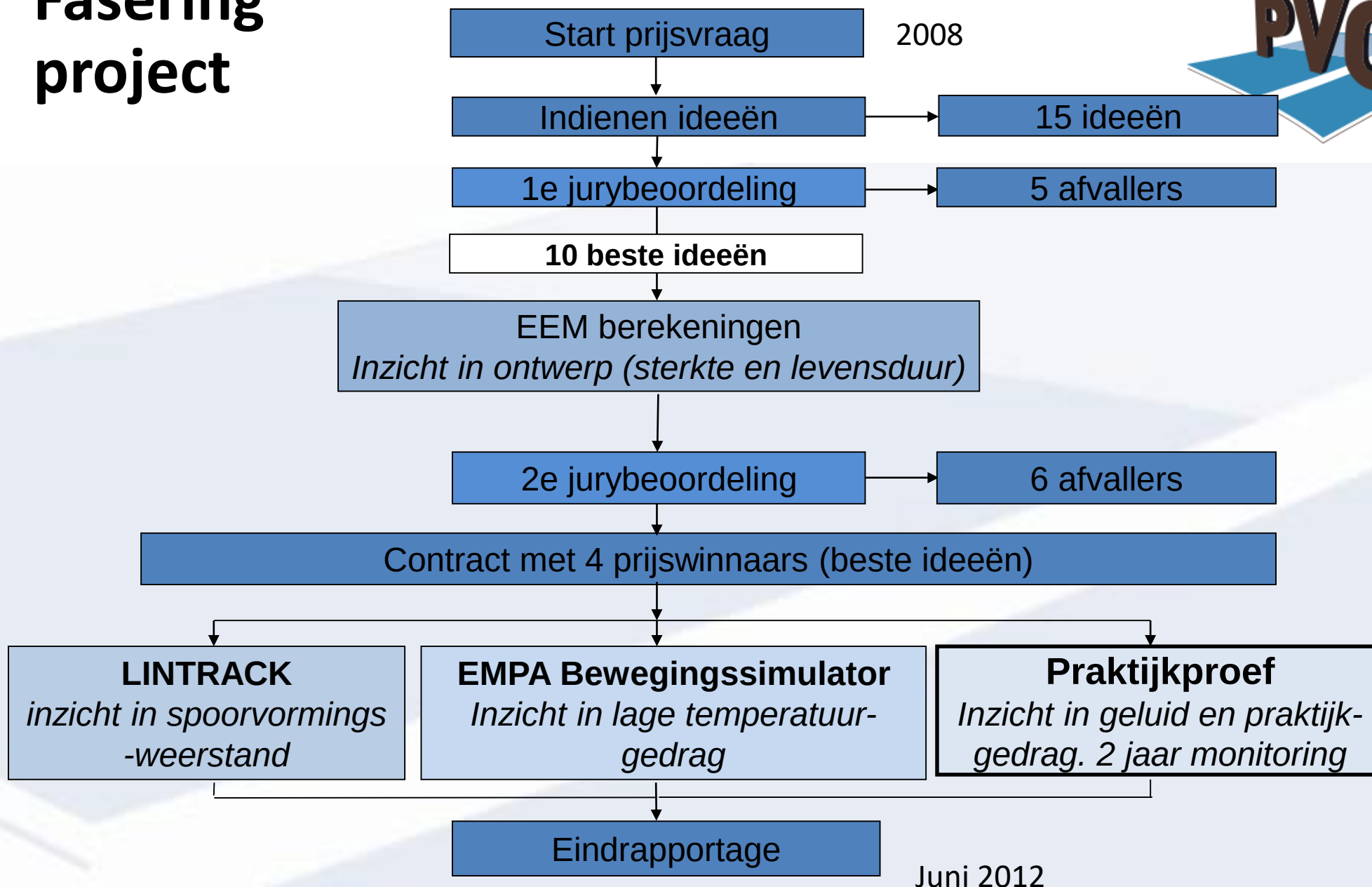
weegfactoren

- Geluidsoverlast bij inbouwen (1)
- Geluidsproductie tijdens levensduur (7)
- Levensduur en verkeershinder bij onderhoud (7)
- Kosten aanleg, onderhoud en vervanging (3)
- Milieuvriendelijkheid van toegepaste materialen en processen (2)

Fasering project

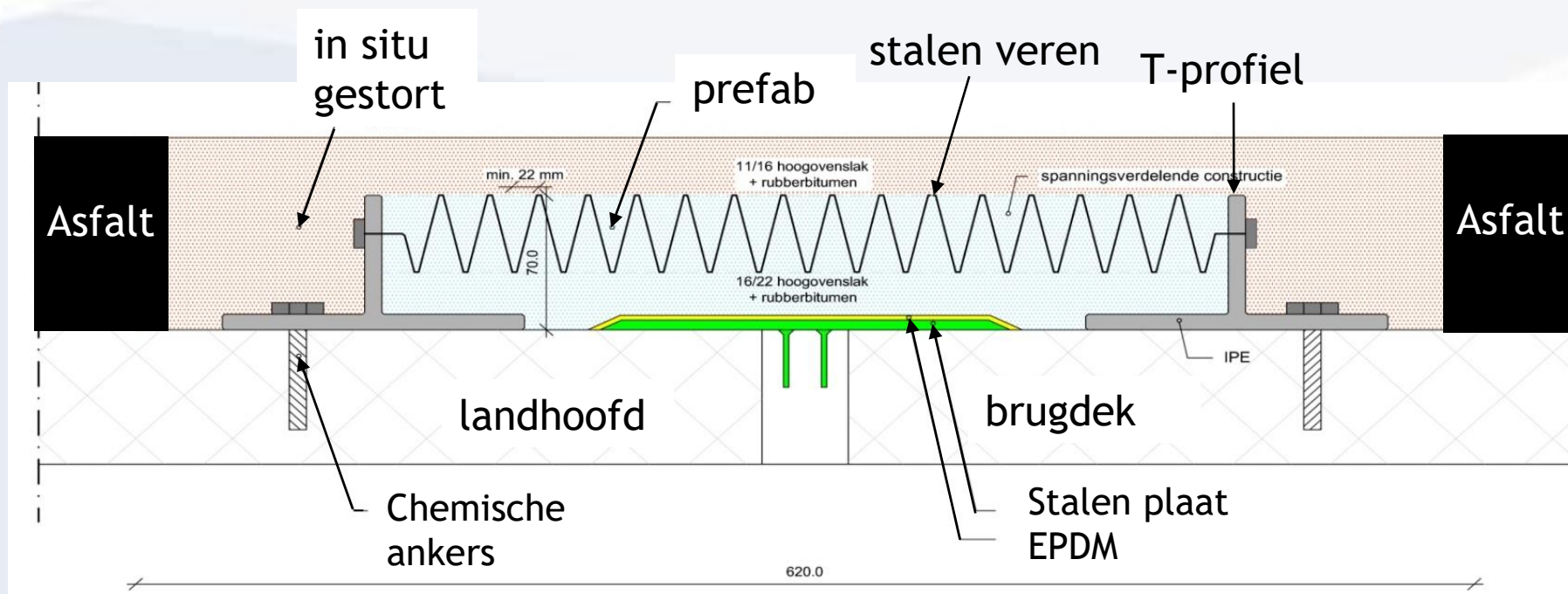


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Inbouwen SDV's 2009

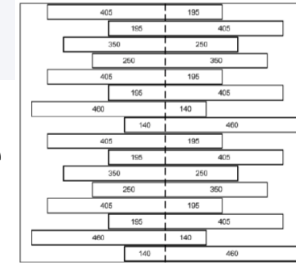
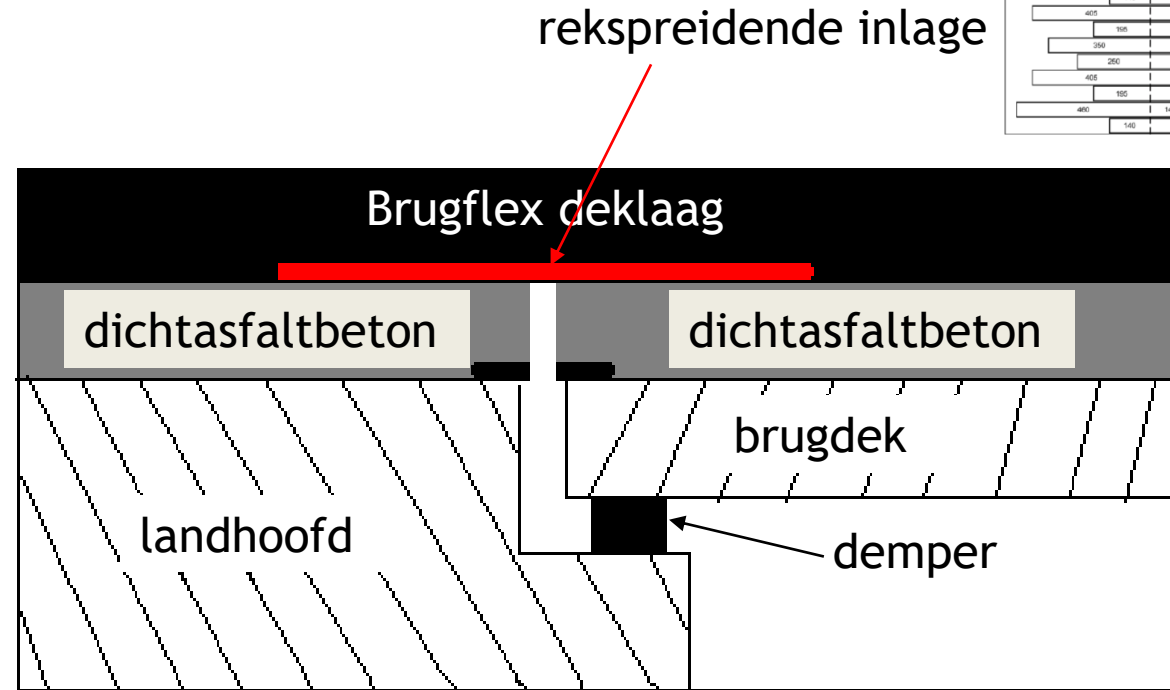
De winnende bedrijven...



PREFAB SILENT JOINT



De winnende bedrijven...



BRAINJOINT

Toen:

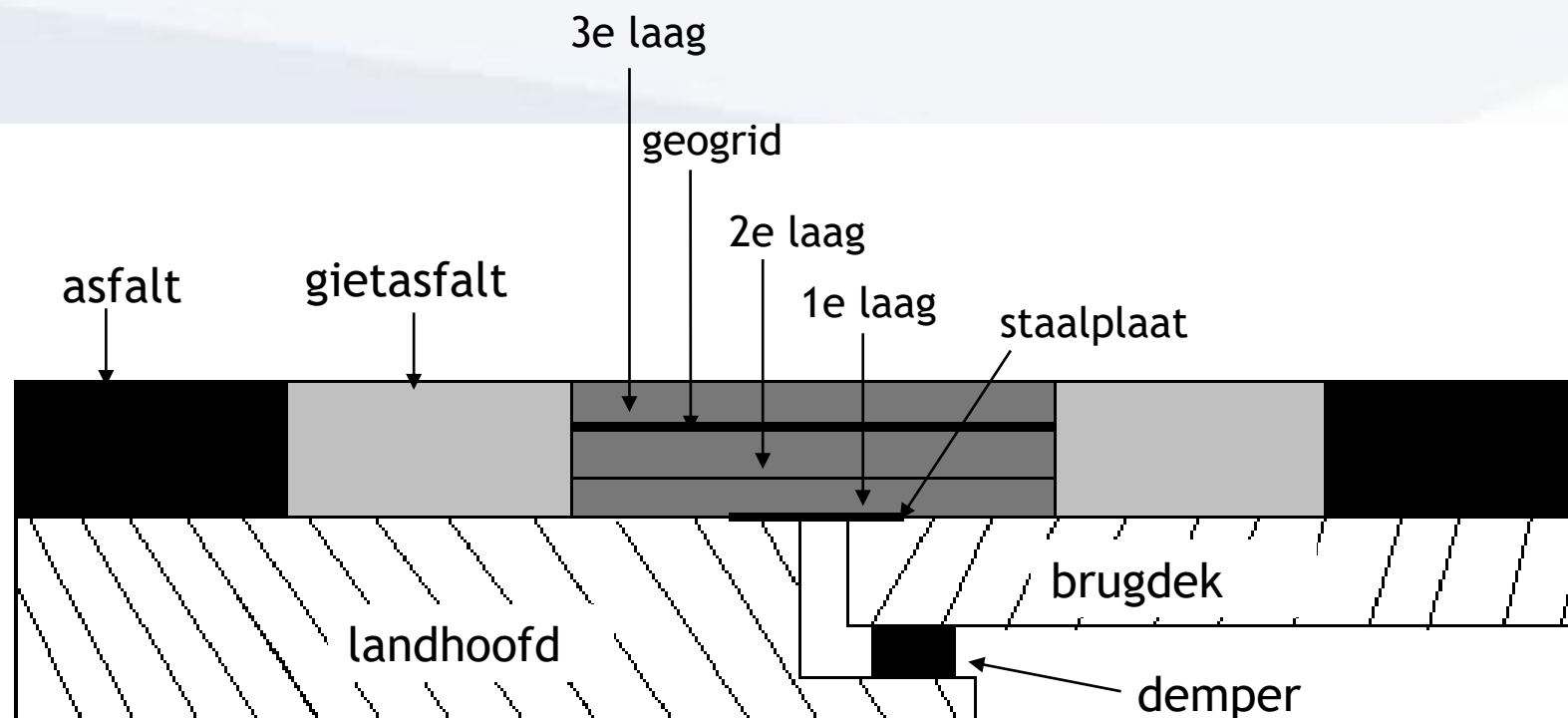


Nu:



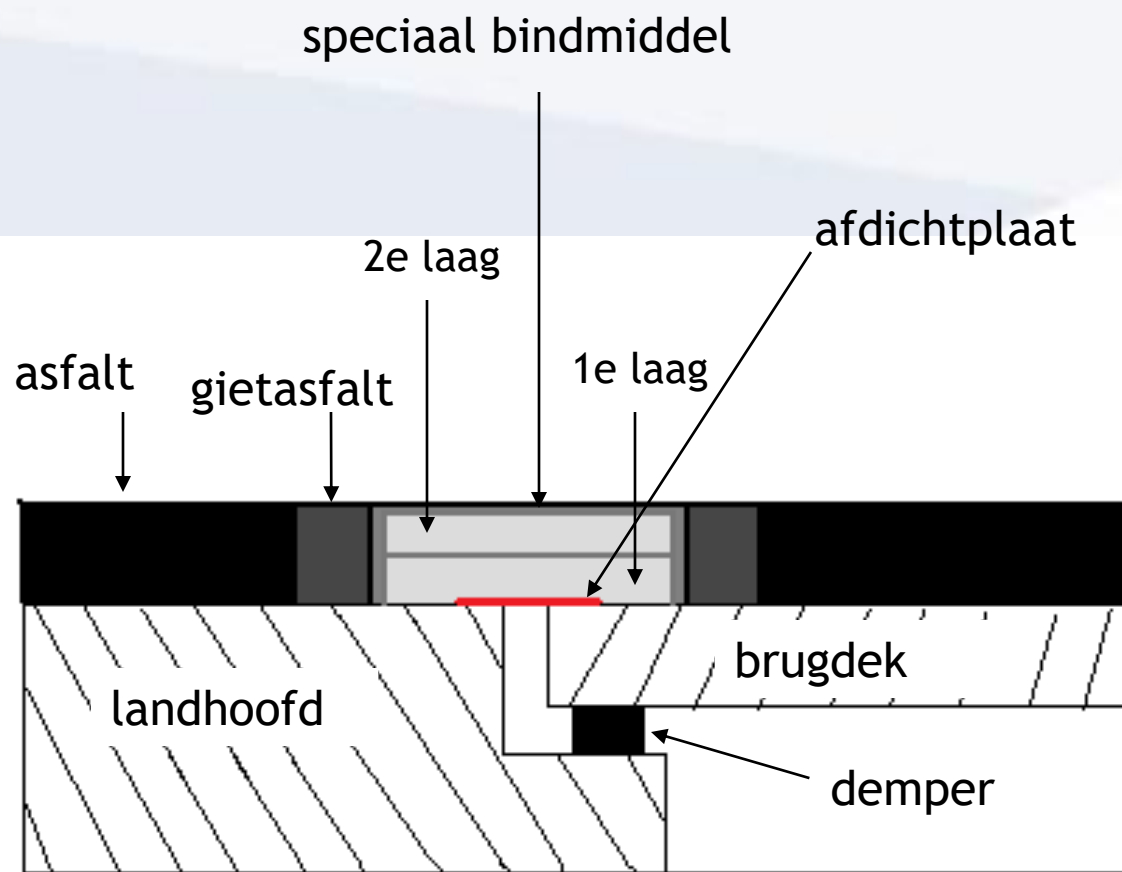
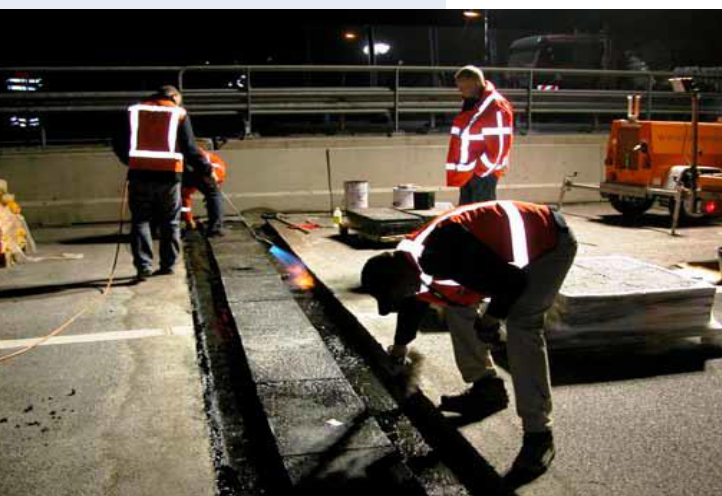
Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

De winnende bedrijven...



PRISMO JOINT

De winnende bedrijven...

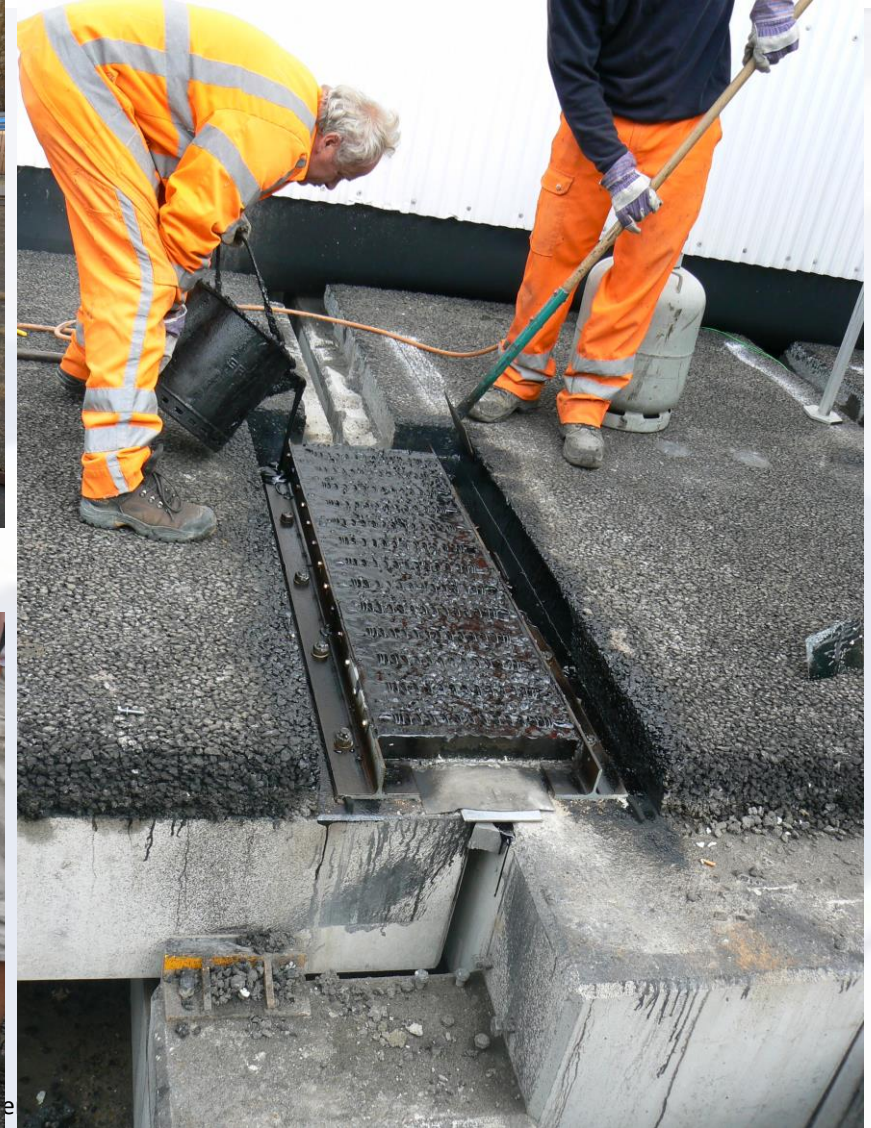


KLK bituivoeg

LINTRACK brugdekken en landhoofd



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



LINTRACK



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Aantal belastingsherhalingen: 100.000

Belasting 1e 20.000: 3,5 tons wiellast bij 30 °C
tot 40.000: 4,5 tons wiellast bij 30 °C
tot 60.000: 4,5 tons wiellast bij 35 °C
tot 80.000: 5,5 tons wiellast bij 35 °C
tot 100.000: 5,5 tons wiellast bij 40 °C

Indien na 100.000 belastingsherhalingen weinig schade, dan verplaatsingsbezwijkproef bij 20 °C

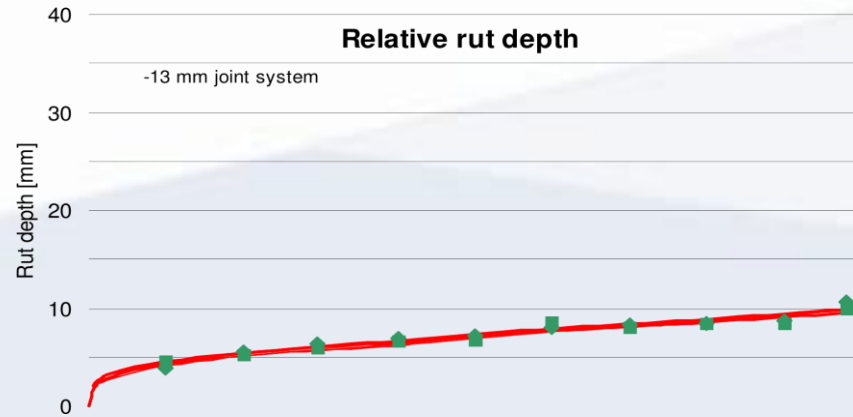


LINTRACK: voorbeeld proefresultaat

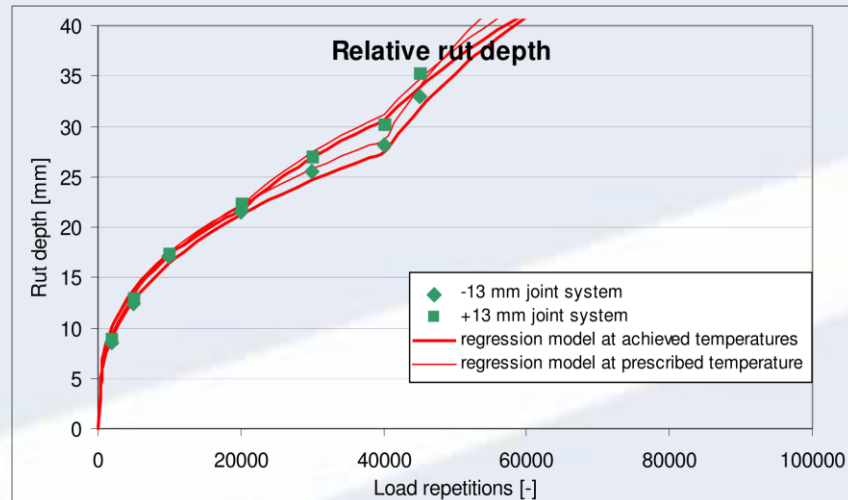


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

PrismoJoint



Referentie: Multi-joint



Bewegingssimulatorproef EMPA

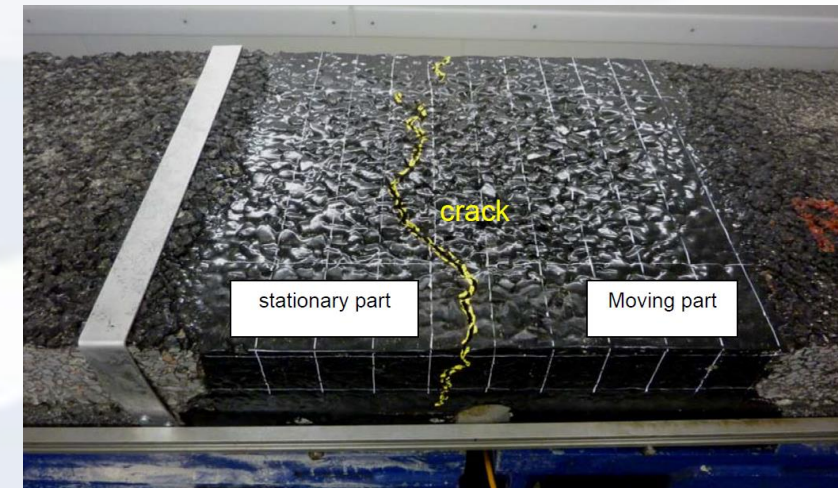


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

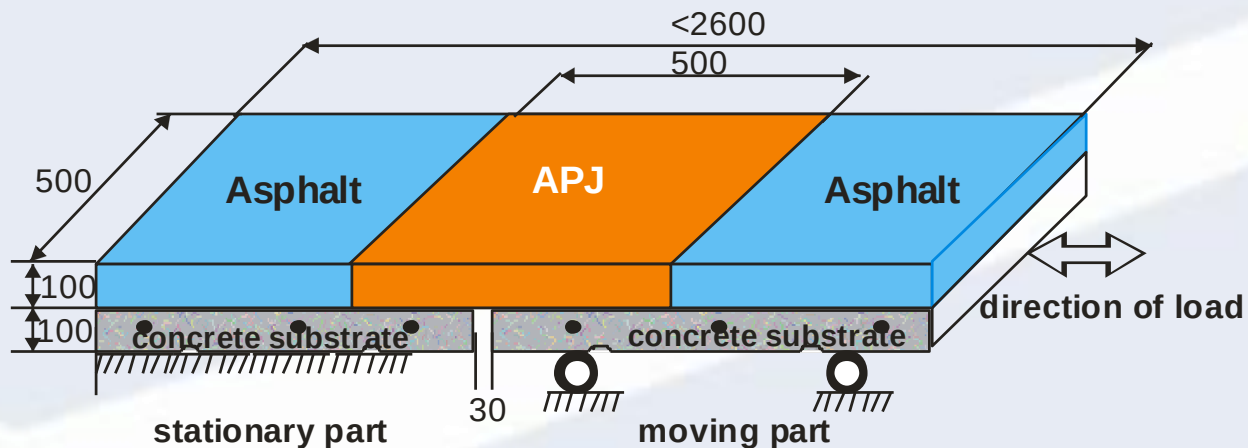


Horizontale zaagtandbeweging
bij -10°C en 10 mm/uur
(65% van max. toelaatbare rek)

10 belastingsherhalingen



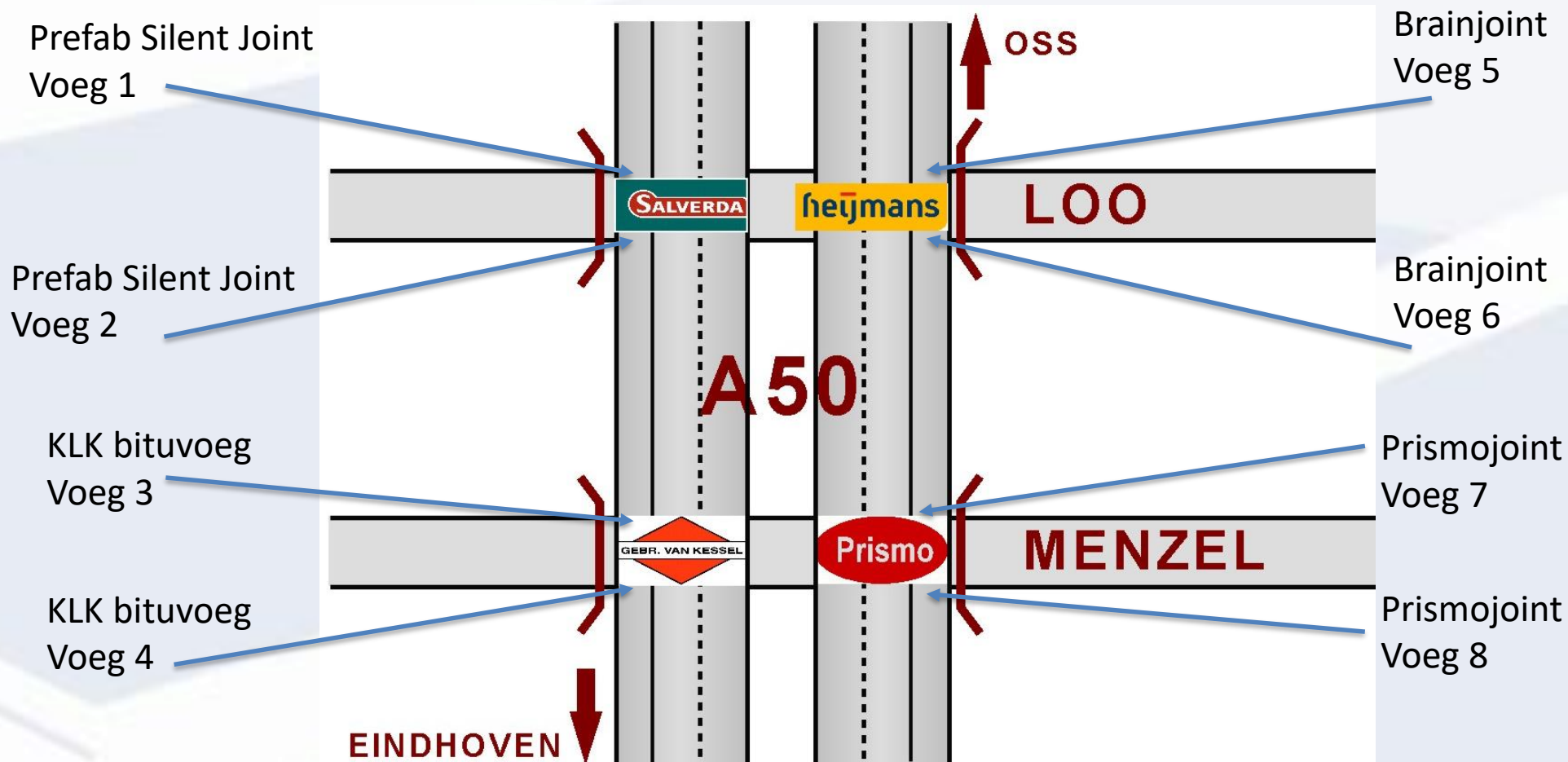
Voorbeeld gescheurd proefstuk



Praktijkproef A50: aanleg mei 2009



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Rapportage onderzoek en 2 jaar monitoring proefvakken A50 Nistelrode

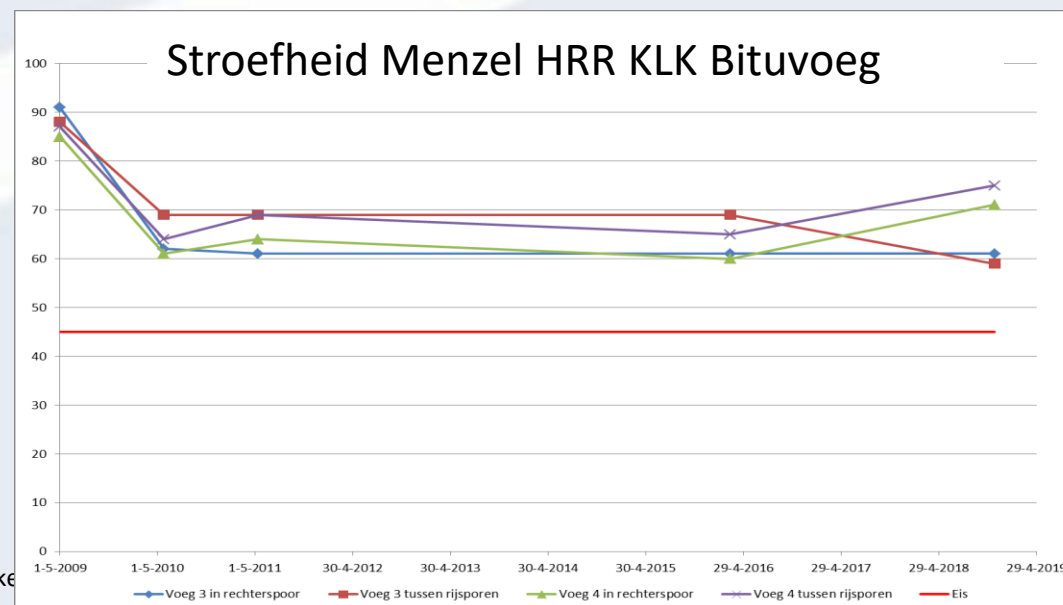
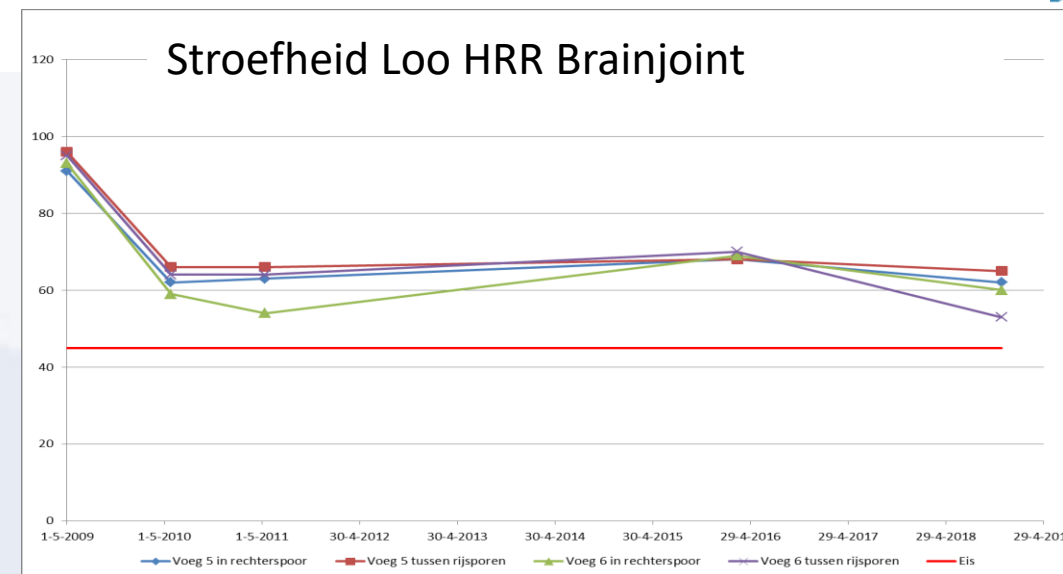


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Het rapport Stille Duurzame Voegovergangen van juni 2012 is te downloaden via:

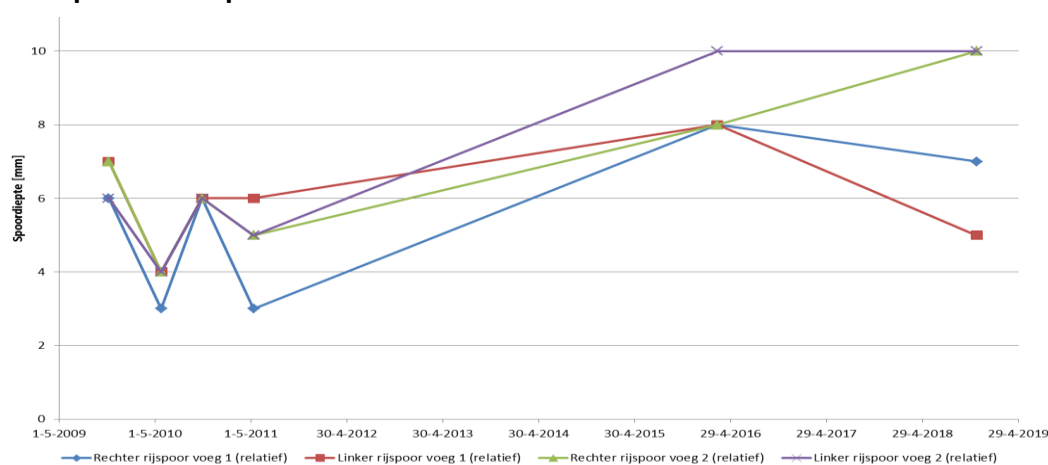
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/stille-duurzame-voegovergangen-resultaten-van-de-prijsvraag>

Hierin zijn de resultaten beschreven van de EEM berekeningen, het LINTRACK en bewegingssimulator onderzoek en de resultaten van 2 jaar monitoring van de proefvakken A50 Nistelrode.

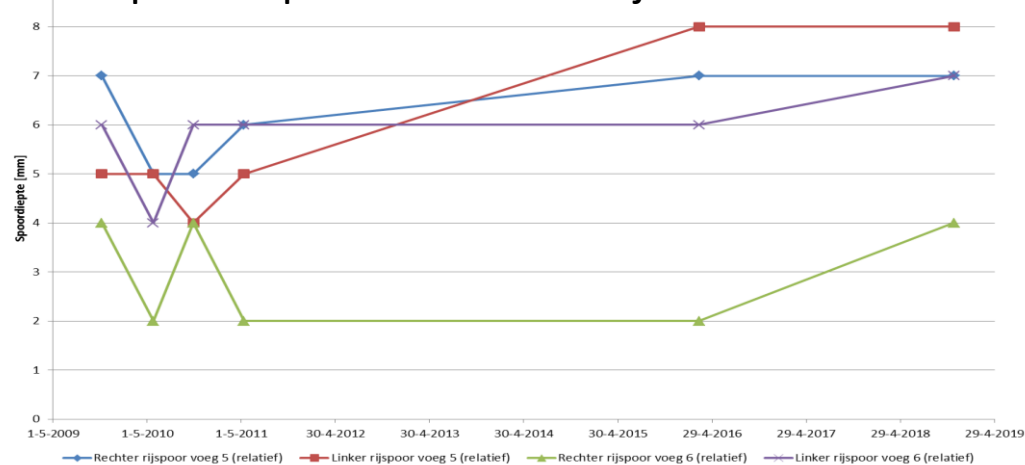


Resultaten na 9 jaar monitoring Spoordiepte (mm)

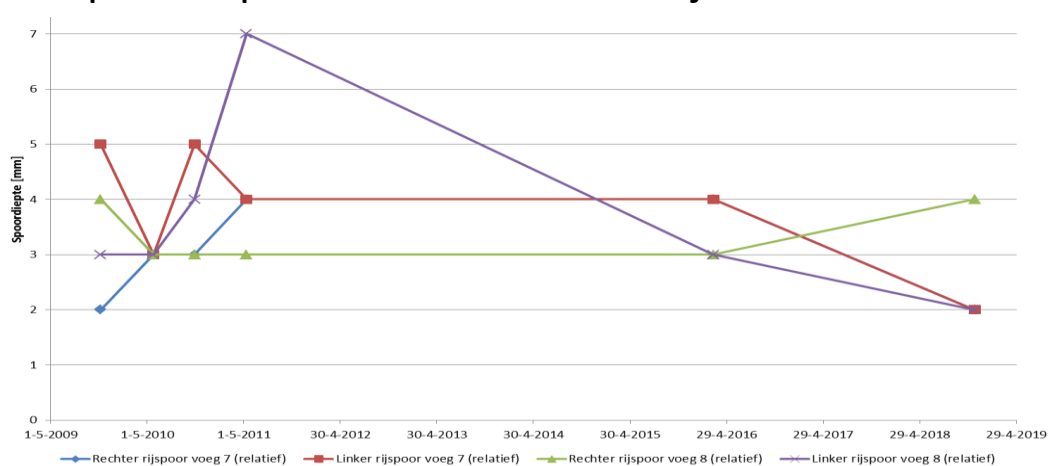
Spoordiepte Loo HRL Prefab Silent Joint



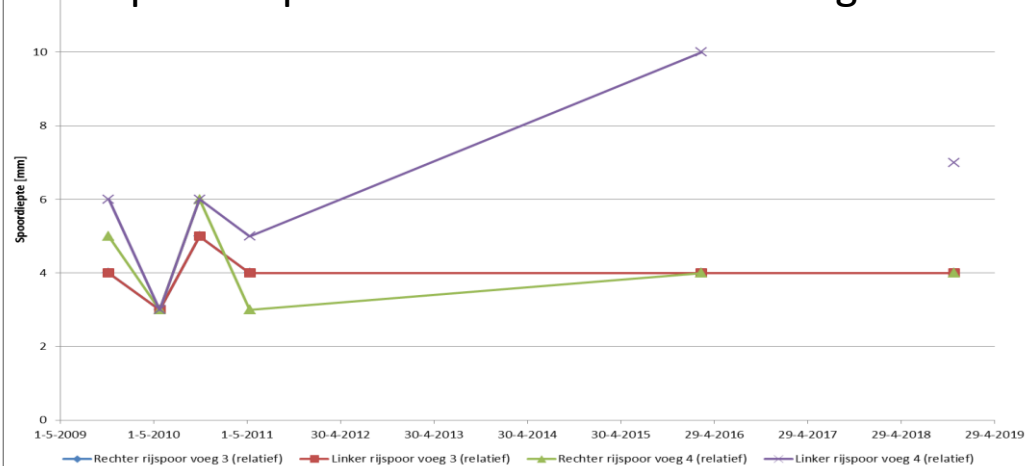
Spoordiepte Loo HRR Brainjoint



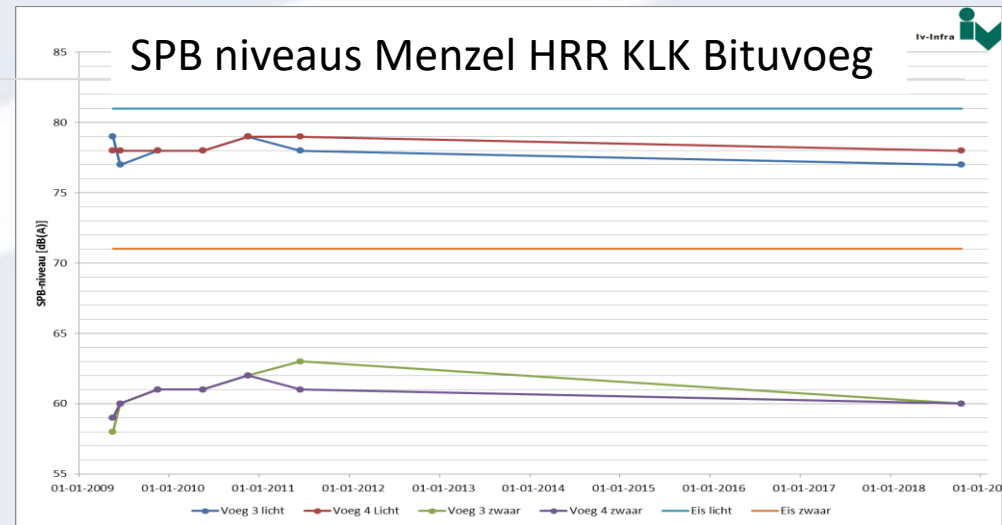
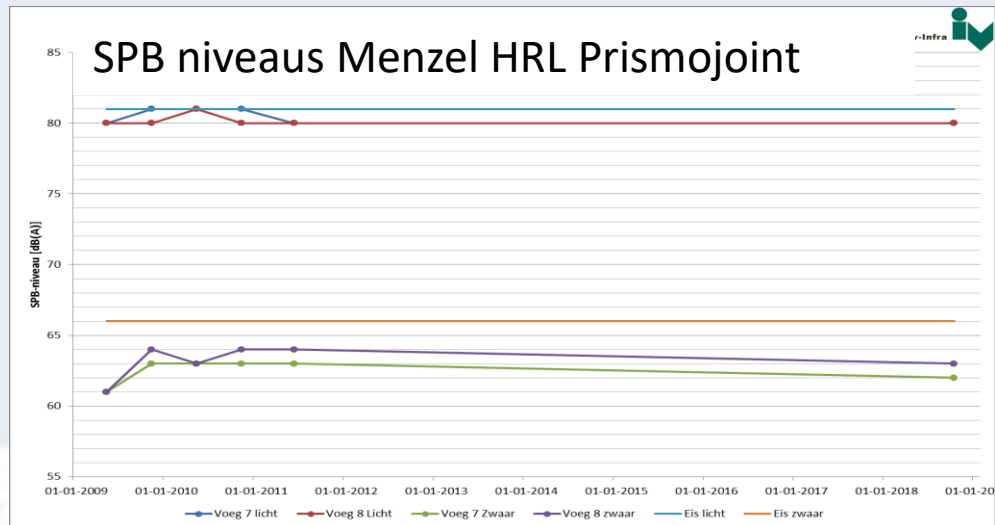
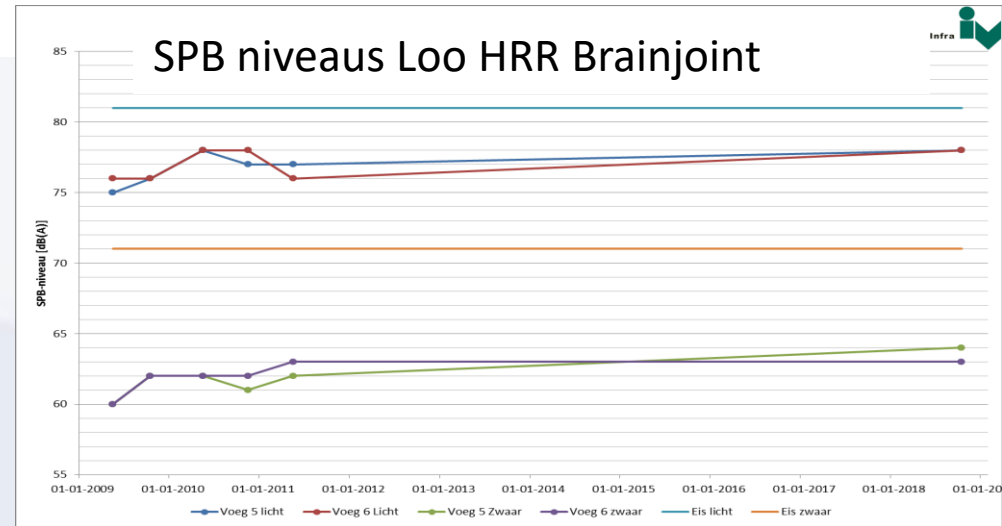
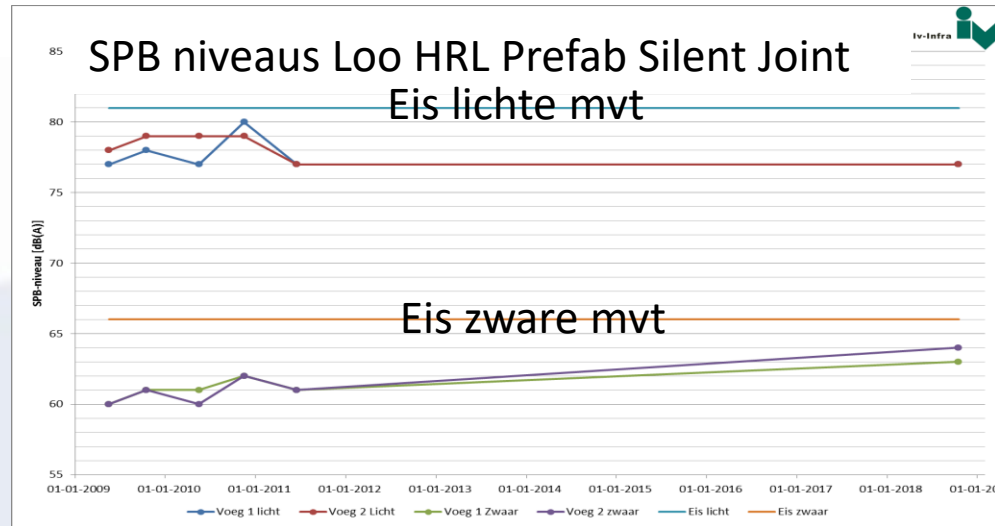
Spoordiepte Menzel HRL Prismojoint



Spoordiepte Menzel HRR KLK Bituvoeg



Resultaten na 9 jaar monitoring Geluid (dBA)



Samenvatting monitoring SDV's



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

	Silent Joint	Prismojoint	Brainjoint	KLK Bituvoeg
Stroefheid	-	-	++	++
Spoorvorming	+	++	+	++
Flankschade	+	+/- (1 voeg Vs/R2)	- (Vs/R2)	- (na 1 jaar)
Scheurvorming	+	+	- (Vs/R2) ondiep	-
Waterdichtheid	++	++/-- (1 voeg)	++	--
Groot onderhoud gepleegd?	Nee	Nee	Nee	Ja (1 voeg vervangen)
Levensduur gehaald?	Ja	Nee	Ja	Nee

Wat heeft de prijsvraag opgeleverd?



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Innovatieve voegovergangen met de potentie om een langere levensduur dan 10 jaar te behalen.

Er is veel kennis gegenereerd op basis van EEM berekeningen, nieuwe proeven en monitoring van praktijkgedrag.

De LINTRACK heeft een goed voorspellend vermogen voor de spoorvorming

De EMPA bewegingsimulator geeft een goed inzicht in dilatatiecapaciteit en wintergedrag, maar geeft **geen inzicht in weerstand tegen hoogfrequente voegbewegingen door verkeer**

De prijsvraag heeft de markt in beweging gezet!



D U U R Z A M E E N S T I L L E V O E G O V E R G A N G E N



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Toepasbaarheid van flexibele & verborgen voegovergangen

Frank van Beek

Toepasbaarheid van flexibele & verborgen voegovergangen

Ongewenste effecten bij onjuiste toepassing



Onthechting -> lekkage



Scheurvorming -> lekkage, gaten



Spoorvorming en verlies stroefheid ->
Verminderde veiligheid en comfort

Toetsing geschiktheid voor toepassing



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

1. Functionele prestaties:

- optredende verkeersbelasting
- comfort en veiligheid
- optredende voegbewegingen

2. Raakvlakken met weg/kunstwerk:

- inbouwhoogte en breedte
- breedte te overbruggen dilatatievoeg
- kruisingshoek
- te verwachten restzetting/zakking van de overgangsconstructie
- wapening/voorspanning in aangrenzende betonconstructie (bij verankerde systemen)
- langs- en dwarshelling van de weg

3. Uitvoeringstechnisch:

- weersomstandigheden
- beschikbare tijd voor uitvoering

1. Optredende verkeersbelasting

- Risico: te grote spoorvorming
- Beheersing:
Toetsing d.m.v. testen gevalideerde prestatie op DoP aan ter plaatse geldende vrachtverkeersintensiteit

Indien onbekend uitgaan van :

Verkeerscategorie		$N_{obs,a,ai}$
1	Autosnelwegen en wegen met twee of meer rijstroken per rijrichting en met intensief vrachtverkeer	2.000.000
2	(Auto)wegen met gemiddeld vrachtverkeer (zoals N-wegen)	500.000
3	Wegen met weinig vrachtverkeer	125.000
4	Wegen met weinig vrachtverkeer en bovendien uitsluitend bestemmingsverkeer	50.000



1. Comfort en veiligheid



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Risico: onvoldoende stroefheid
- Oorzaak: onvoldoende slijtvastheid flexibele voegovergangen
- Beheersing:
 - Niet toepassen bij horizontale boogstraal < 350 m (maatgevende rijstrook) i.v.m. extra aanspraak op dwarsstroefheid
- Niet van toepassing op voegfamilie 5 en 6



1. Optredende voegbewegingen (1)

Risico's:

- lekkage door scheurvorming/onthechting als gevolg van opspankrachten in de voegovergang
- discomfort door onvlakheden als gevolg van door te grote verticale vervorming (dwarscontractie)

Beheersing:

- Analyse informatie ontwerp kunstwerk
- Bepaling combinatiewaarde theoretische voegbewegingen (SLS!) middels modelberekening.
- Bepaling hoogfrequente voegbewegingen uit verkeersbelastingmiddels modelberekening
- Toetsing t.o.v. gevalideerde systeemprestaties (DoP).

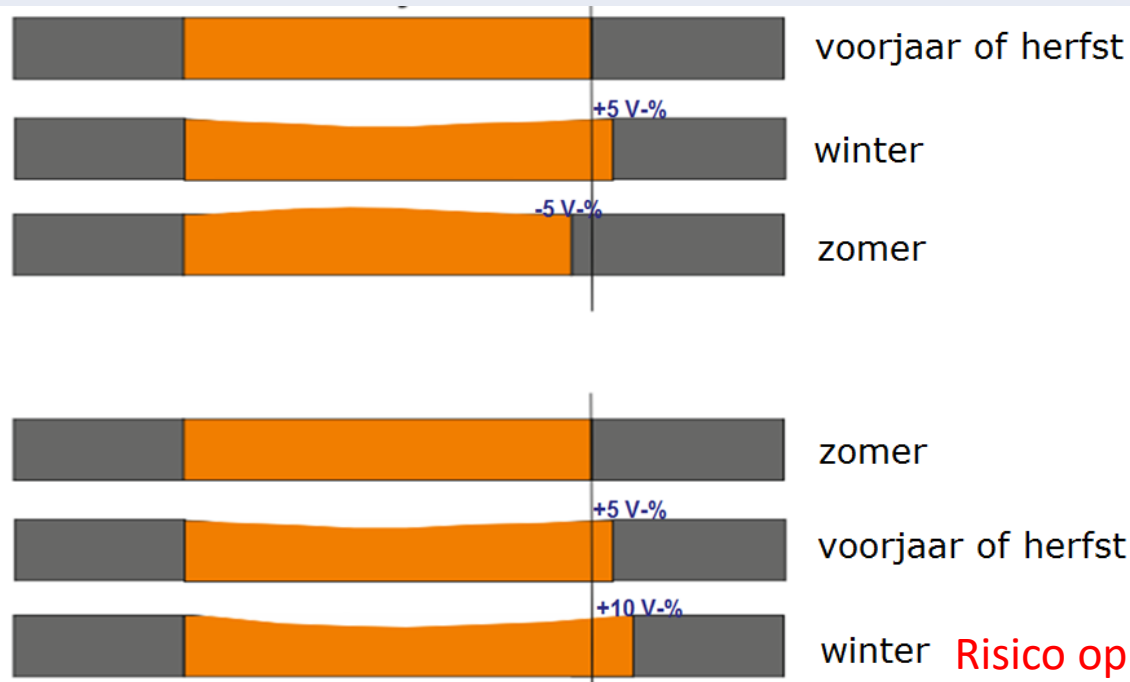


1. Optredende voegbewegingen (2)

combinatiewaarde voegbewegingen



- Rekening houden met verschil in rek- en stuikcapaciteit!
 - Rekcapaciteit is ongeveer 65% van de totale capaciteit
 - Stuikcapaciteit is ongeveer 35% van de totale capaciteit
- Geen voorinstelling mogelijk!
- Dilatatiecapaciteit is daarmee afhankelijk van constructietemperatuur bij inbouw!



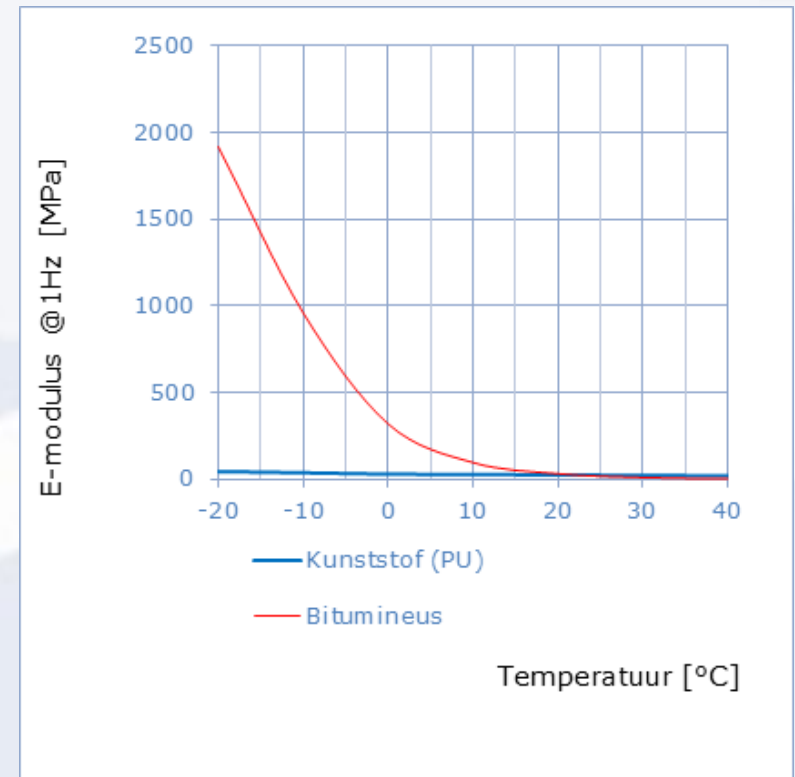
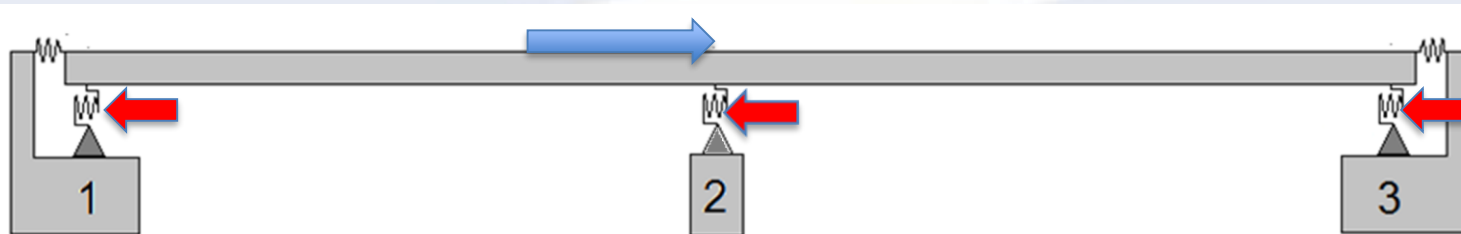
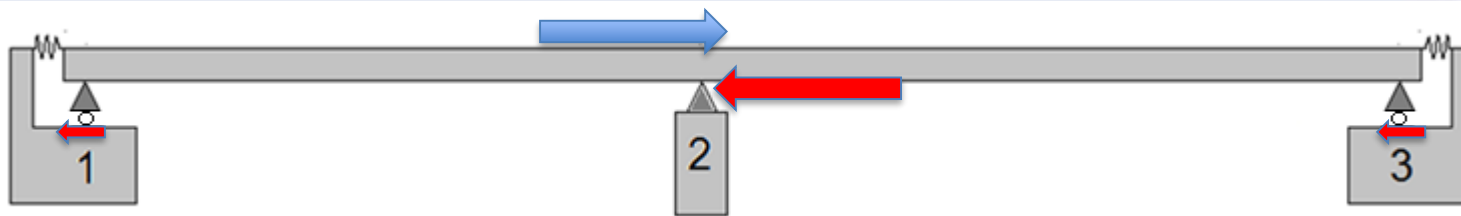
Maand	Constructietemperatuur (°C)		
	laag	gemiddeld	hoog
april	5	9	17
mei	5	12	21
juni	7	15	24
juli	9	18	27
aug	9	18	27
sept	7	15	24
okt	5	12	21
nov	5	9	17

Risico op overschrijding max rekcapaciteit!
(in combinatie met krimp/kruip, rembelasting etc.)

1. Optredende voegbewegingen (4) combinatiewaarde voegbewegingen



- Te grote flexibiliteit in drijvende oplegsystemen = risico (voor met name bij onverankerde bitumineuze voegovergangen)
- Aandeel verplaatsing rijdek onder rembelasting kan significant zijn
- Eventueel in rekening brengen stijfheid flexibele en verborgen voegovergangen
- Stijfheid bitumineuze voegovergangen temperatuurafhankelijk



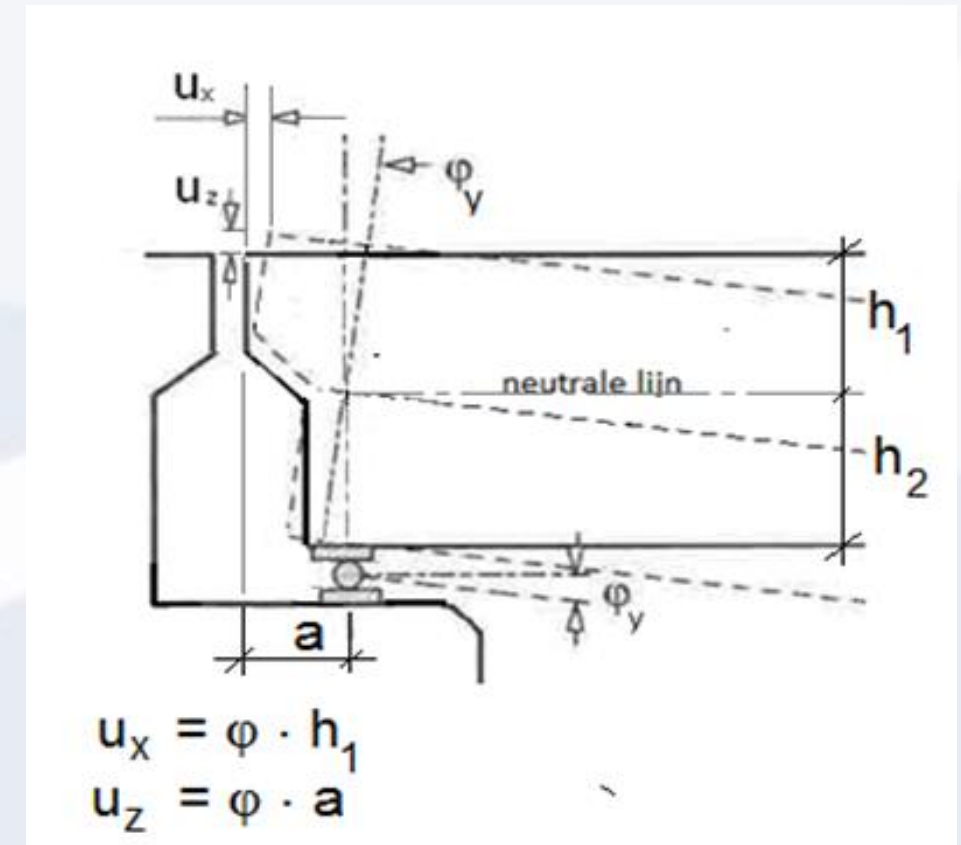
1. Optredende voegbewegingen (5)

Hoogfrequente voegbewegingen



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Rotaties als gevolg van buiging hoofddraagconstructie → Translaties (horizontaal en verticaal)
- Invering (rubber) opleggingen → Translaties (verticaal)
- Grootte translaties door rotaties en invering = objectspecifiek
- Translaties zijn relatief klein, maar hoogfrequent
- Kan leiden tot vermoeiing in flexibele/verborgen voegovergang. Met name risico voor bitumineuze oplossingen bij lagere temperaturen
- Berekenen translaties middels verkeersbelastingmodel voor vermoeiing
 - FLM1 (afgeleid van LM1)
 - FLM4b (bij verkeerscategorie 1: zie ROK)



1. Optredende voegbewegingen (6)

Hoogfrequente voegbewegingen

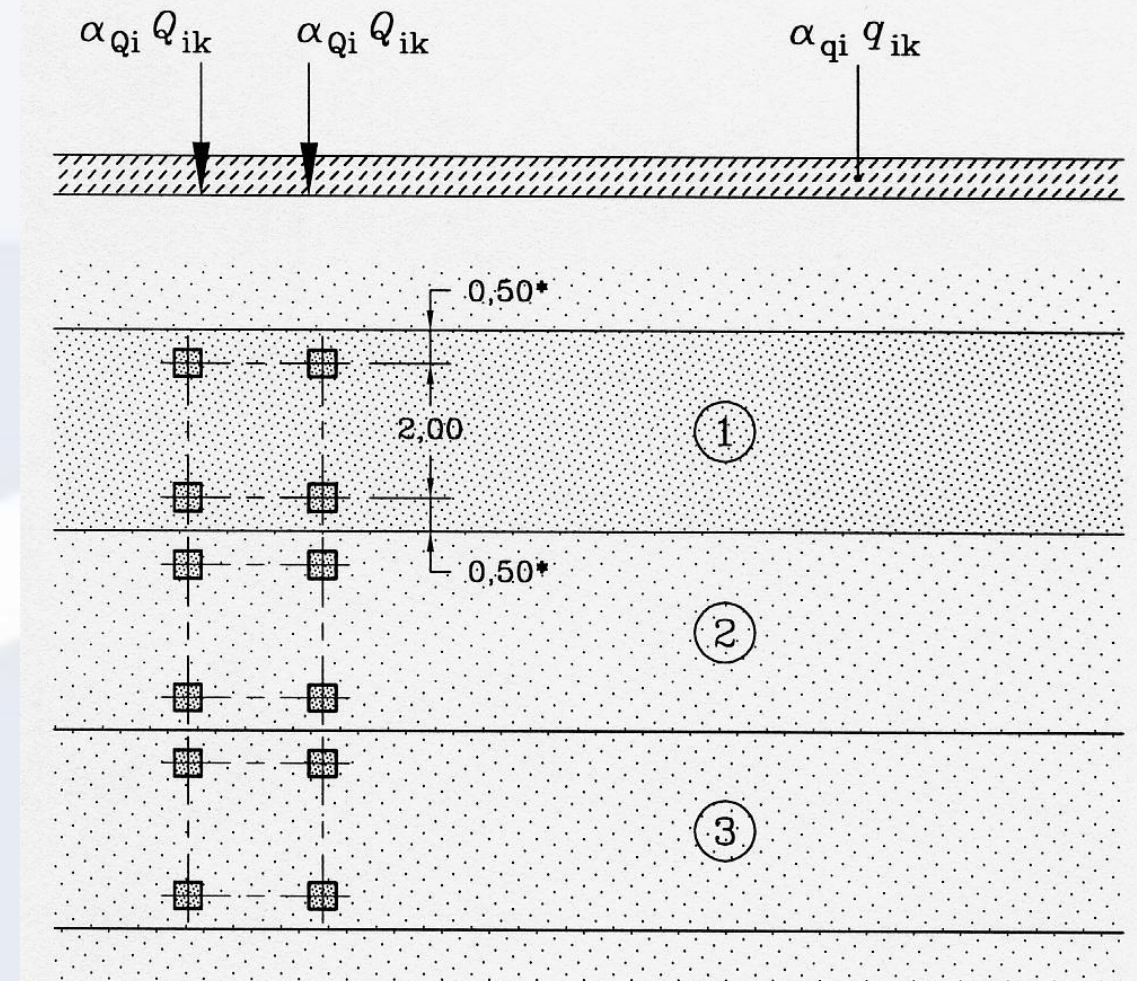


**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

FLM1:

- 1 belastinggeval afgeleid van LM1 EN1991-2
 - 70% van Q_{ik}
 - 30% van q_{ik}
- Minder rekenwerk

Positie	FLM1 Tandemstelsel (2 x Q) [kN]	FLM1 Gelijkmatig verdeeld [kN/m ²] (verkeerscat 1/2)
Rijstrook 1	2 x 210 kN	3,10 / 2,70
Rijstrook 2	2 x 140 kN	1,05 / 0,75
Rijstrook 3	2 x 70 kN	1,05 / 0,75



1. Optredende voegbewegingen (7)

Hoogfrequente voegbewegingen



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

FLM4b:

- set van 10 representatieve zware voertuigen
- basis voor testprotocol RTD1007-4
- meer rekenwerk (plaatmodel, meerdere afwijkende belastingevallen)

Voertuig type	Voertuigconfiguratie	Asafstand [m]	Equivalente aslast [kN]	Equivalent voertuig gewicht [kN]	Aantal per jaar
1		4.50	70 130	200	750000
2		4.20 1.30	70 120 120	310	600000
3		3.20 5.20 1.30 1.30	70 150 90 90 90	490	600000
4		3.20 1.30 4.40 1.30 1.30 1.30 1.30	70 90 70 70 70 70 70	580	230000
5		1.50 2.40 1.30 9.50 1.30 1.30 1.30	70 70 170 160 70 70 70	750	66000

Voertuig type	Voertuigconfiguratie	Asafstand [m]	Equivalente aslast [kN]	Equivalent voertuig gewicht [kN]	Aantal per jaar
6		1.70 3.30 1.30 3.50 3.50 1.30	70 70 180 190 70 180 190	950	3100
7		2.40 1.30 5.50 1.30 1.30	170 170 200 180 180 190	1090	500
8		2.50 1.30 5.20 1.30 1.30 1.30	130 160 170 220 200 170 170	1220	200
9		1.40 2.60 1.30 6.10 1.90 1.90	130 130 180 180 220 220 220	1280	100
10		2.40 1.30 1.30 9.50 1.30 1.30 1.30	90 90 240 220 200 180 190 200	1410	100

1. Optredende voegbewegingen (8)

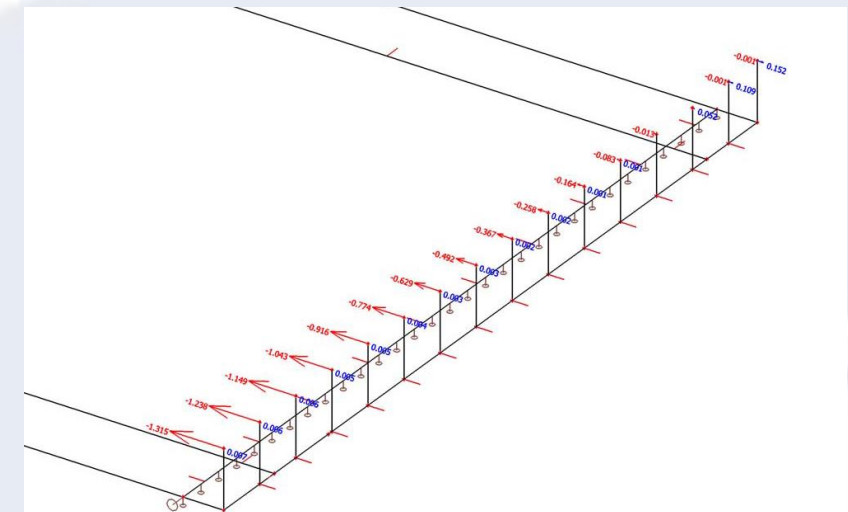
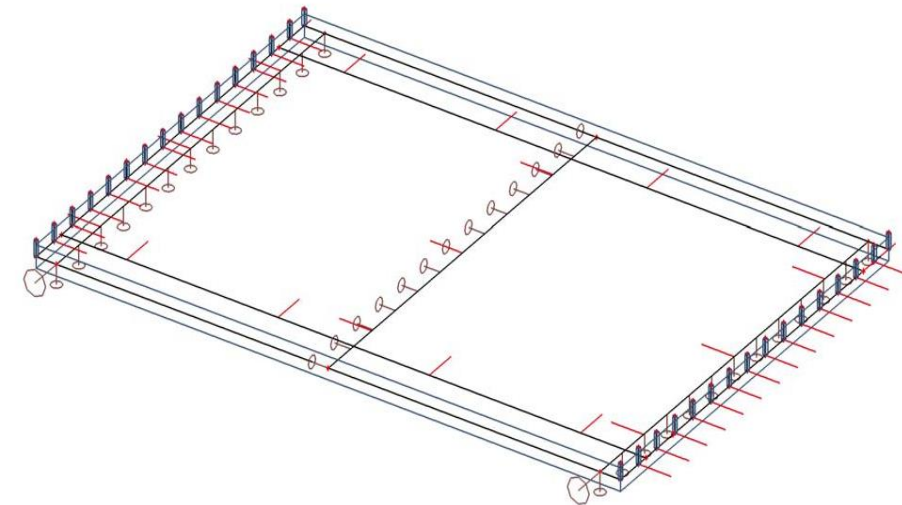
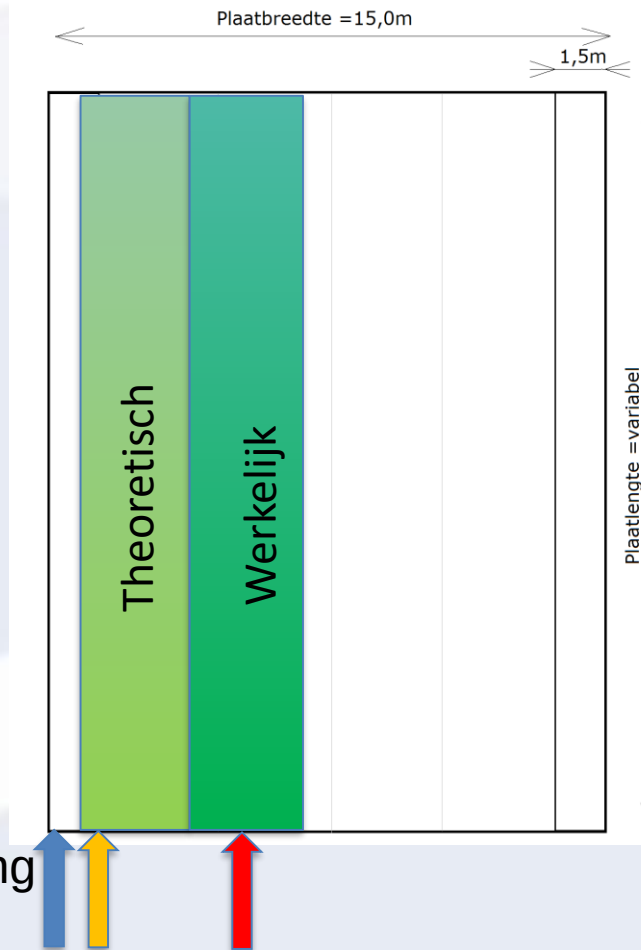
Hoogfrequente voegbewegingen



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Onderzoek 2D plaatmodellen SCIA

- 1-velder met plaatbreedte 15 m
- Verschillende typen draagconstructie en overspanningen
 - Massieve platen (20-30m)
 - Railliggers (23-56 m)
 - Kokerliggers (21-47m)
 - Volstortliggers (8-21m)
- Verschillende randafstanden (zwaarst) belaste rijstrook
 - theoretische rijstrookindeling
 - werkelijke rijstrookindeling
- FLM1 en FLM4b
- Horizontale translaties voegovergang bovenzijde verharding berekend (asfaltdikte 150mm tpv voeg)



1. Optredende voegbewegingen (9)

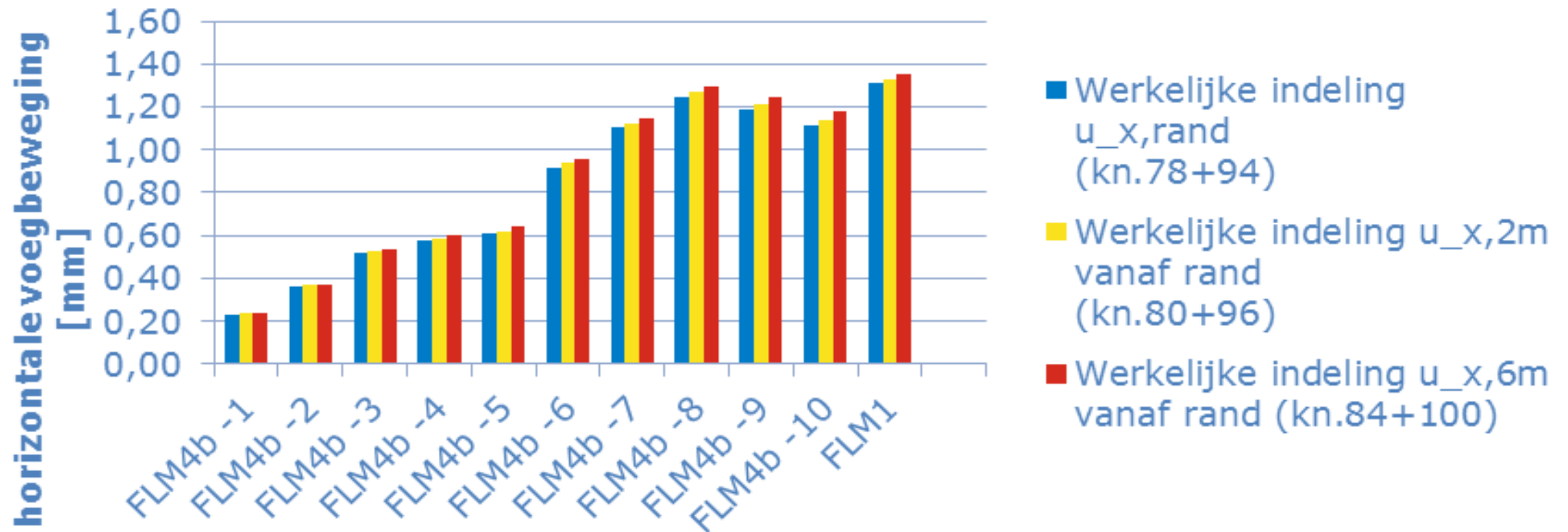
Hoogfrequente voegbewegingen

Resultaten modelonderzoek:



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Voegbeweging per configuratie (SKK700 l=23m)



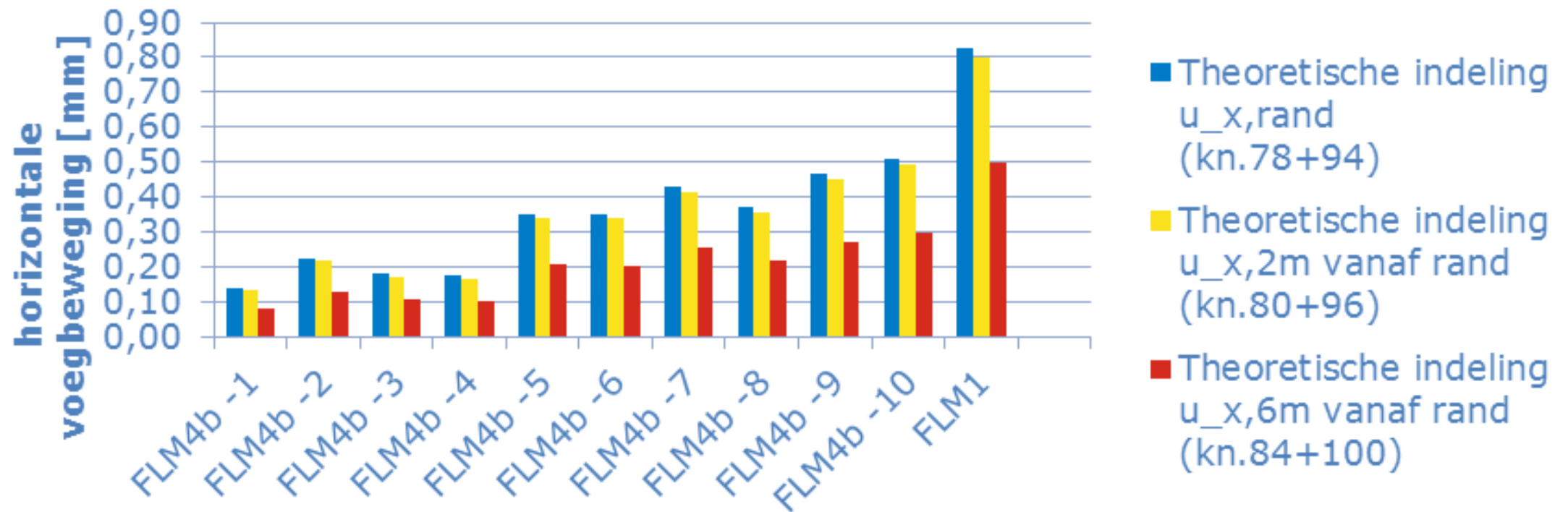
1. Optredende voegbewegingen (10)

Hoogfrequente voegbewegingen

Resultaten modelonderzoek



Voegbeweging per configuratie (SJP300 l=8,2m)



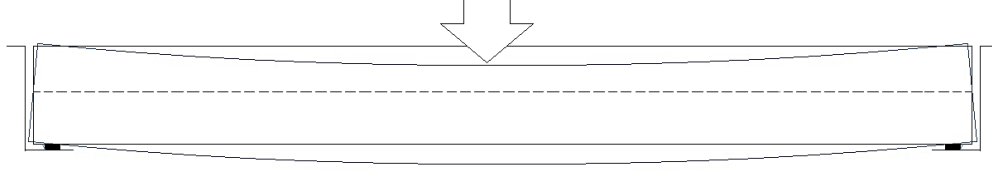
1. Optredende voegbewegingen (11)

Hoogfrequente voegbewegingen

Invloed meerdere overspanningen

1- velder

→ horizontale voegbewegingen door rotatie, gelijkmatig verdeeld over beide voegen



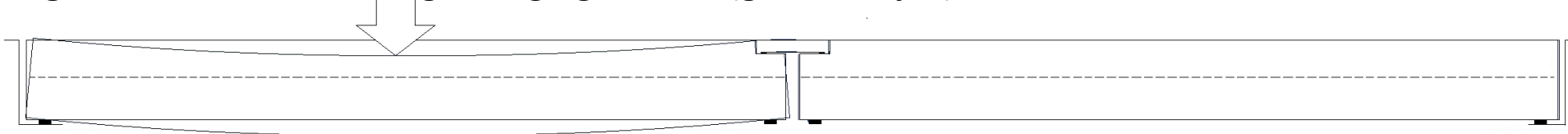
2-velder, statisch onbepaald (momentvaste doorkoppeling)

→ **kleinere** horizontale voegbewegingen door (gedeeltelijke) verhinderde **rotatie**

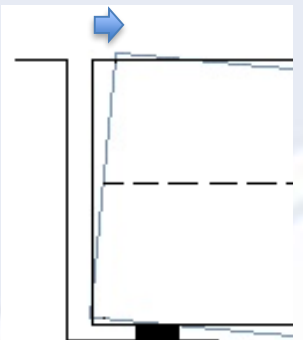
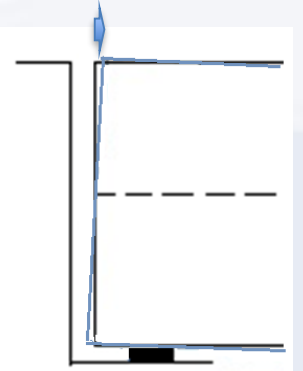
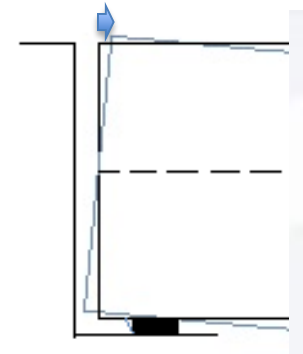


2-velder, statisch bepaald (met buigslappe doorkoppeling)

→ **grotere** horizontale voegbewegingen door (gedeeltelijke) verhinderde **translatie**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



1. Optredende voegbewegingen (12)

Hoogfrequente voegbewegingen



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Conclusies modelonderzoek

- Bij overspanningen groter dan circa 15m is FLM1 representatief voor FLM4b
 - Alternatief is FLM4b voertuig 8 t/m 10
- Bij kleinere overspanningen is FLM1 te conservatief (gebruik FLM4b).
 - Analyse op basis van FLM4b voertuig 5 t/m 10
- Railliggers en kokerligger geven grotere translaties dan massieve platen/volstortliggers
- Invloed scheve kruisingshoek: kleinere horizontale translaties
- Invloed meerdere overspanningen:
 - Statisch onbepaalde constructies: kleinere horizontale translaties
 - Statisch bepaalde constructies: grotere horizontale translaties

1. Optredende voegbewegingen (13)

Hoogfrequente voegbewegingen



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

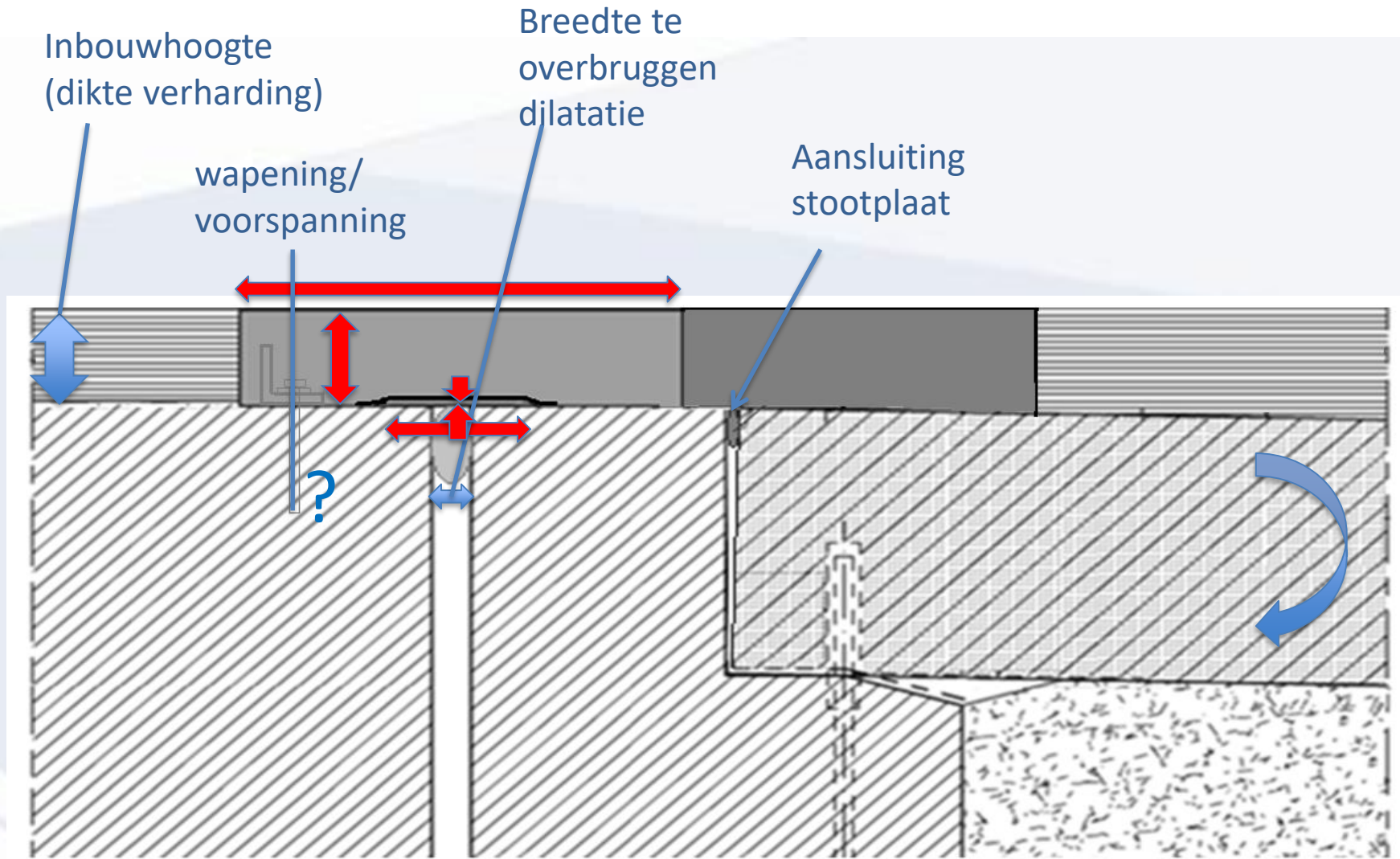
Generiek rekenmodel PVO

- Excelmodel voor berekening voegbewegingen
 - Totale combinatie waarde
 - Hoogfrequent op basis van FLM1
 - Diverse typen hoofddraagconstructies
 - Maximaal 9 steunpunten
 - Statisch bepaald en statisch onbepaald
- Voor bestaande betonconstructies (waarvoor geen rekenmodel beschikbaar is)
 - geen krimp/kruip/zettingen
- Efficiënte en eenduidige berekening
- Exportfunctie voor digitale MKM-tool
- Bèta-versie beschikbaar voor leden via website vanaf vandaag
- Workshops in juni

2. Raakvlakken met weg/kunstwerk (1)



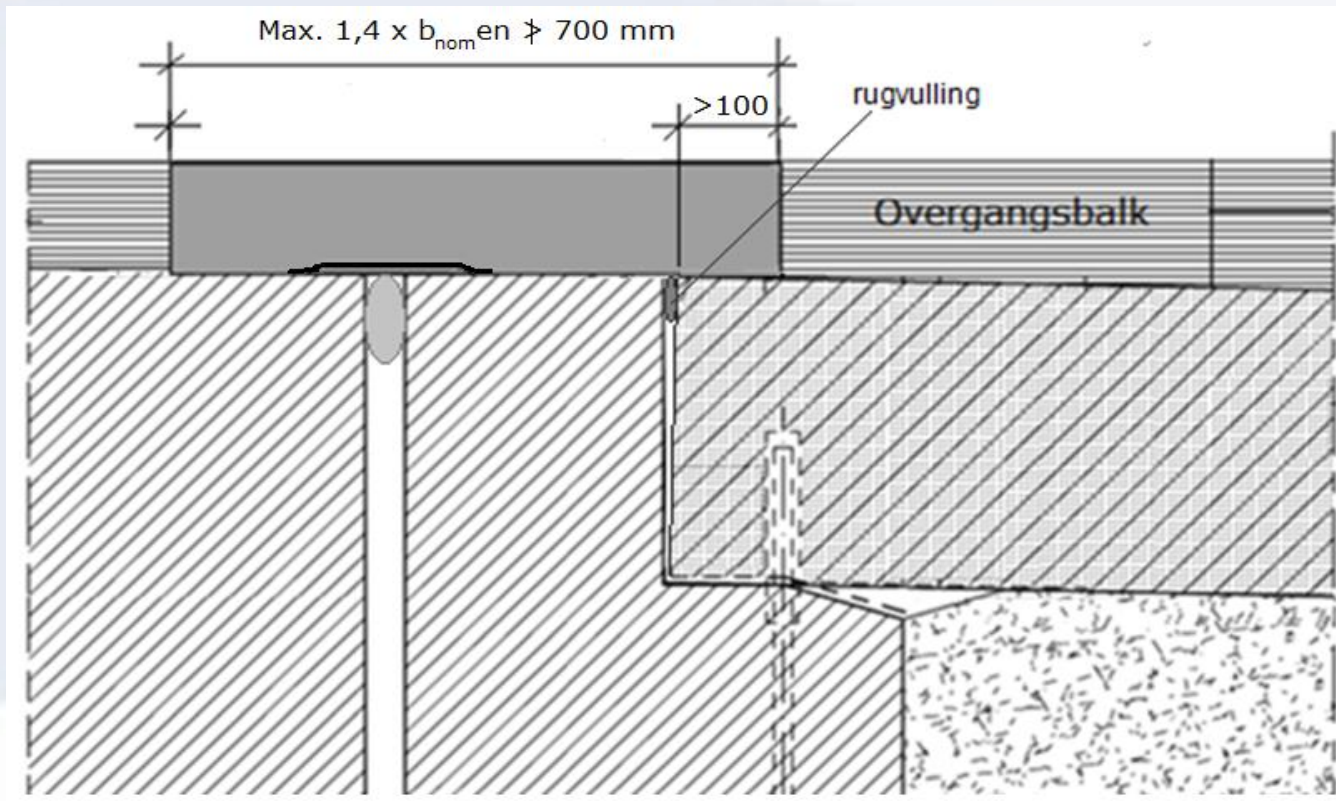
Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Rotatie door
restzettingen

2. Raakvlakken met weg/kunstwerk (2)

- Kruisingshoek: 45-135 graden (50-150 gon)
- Lengte in rijrichting maximaal 700 mm
- Te verwachten restzetting/zakking van de overgangsconstructie



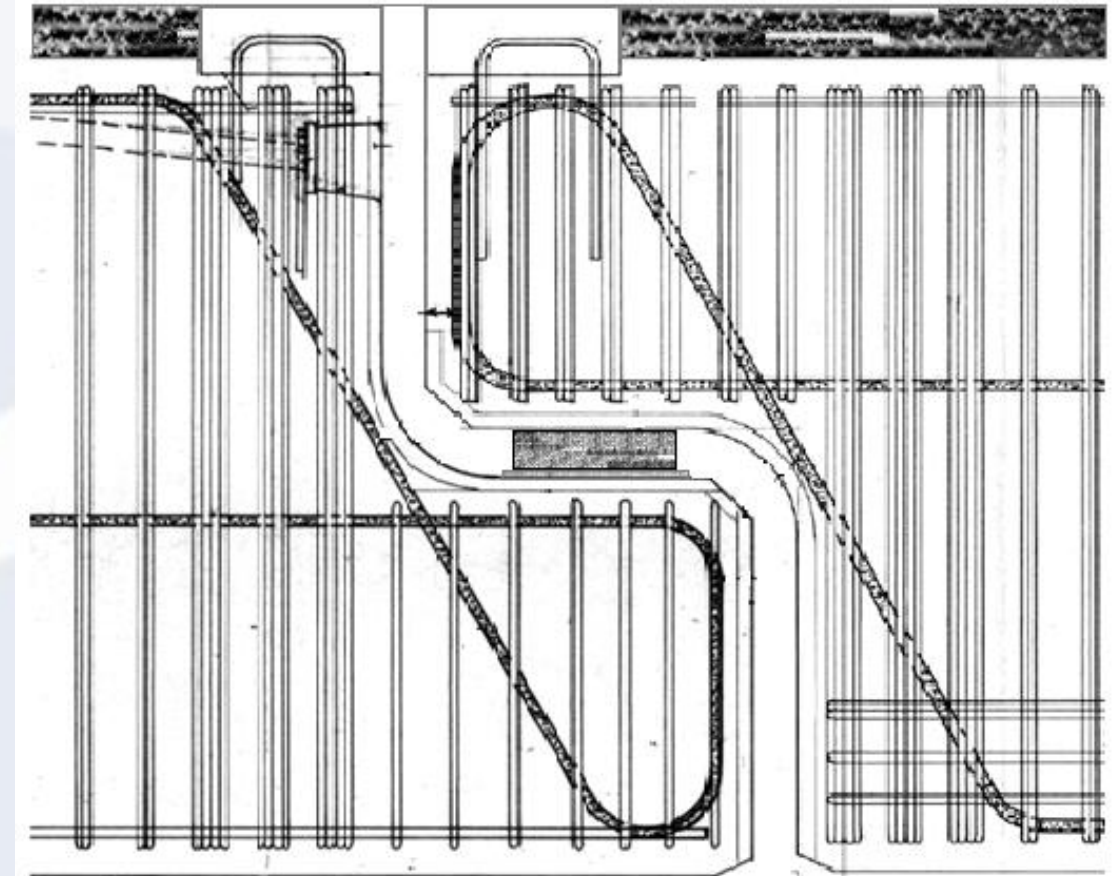
2. Raakvlakken met weg/kunstwerk (3)



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

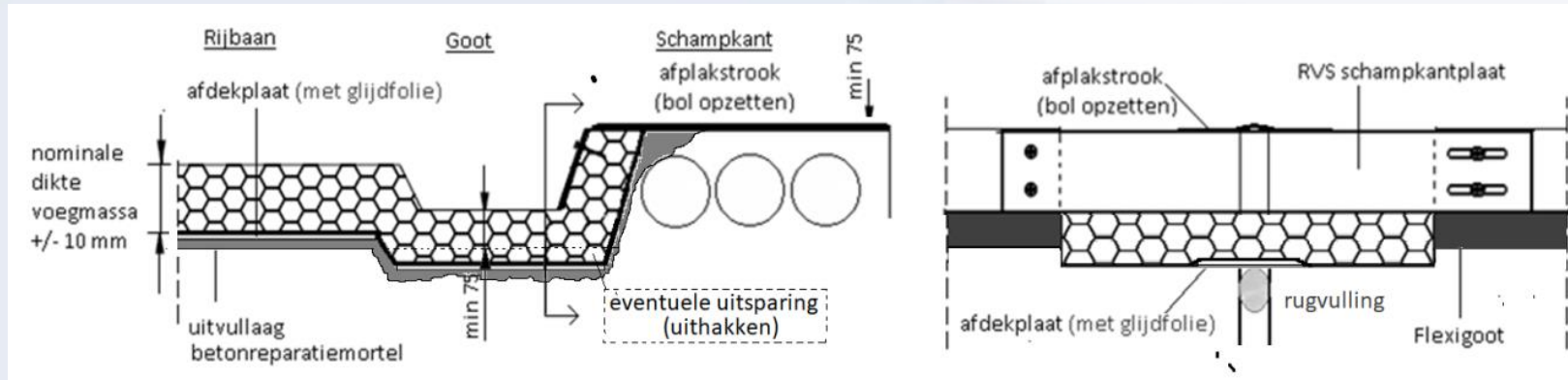
Wapening/voorspanning in aangrenzende betonconstructie

- Risico bij verankerde systemen (diamantboren ivm maatvastheid)
 - Tandconstructies
 - Hooggelegen voorspankabels
 - Bovenwapening dwarsdrager (platen/kokers)
- Verificatie door constructeur op risico van doorboren wapening vereist!



2. Raakvlakken met weg/kunstwerk (4)

- Minimale inbouwhoogte ter plaatse van afwateringsgoten (min 75mm bij bitumineus)!
 - Uitsparing in beton?



- langs- en dwarshelling van de weg: max 4%

3. Uitvoeringstechnische randvoorwaarden



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Goede weersomstandigheden!
 - Droog weer. Bij open deklagen ook dagen voorafgaand.
 - Luchttemperatuur $>5^{\circ}\text{C}$ en R.V. $<85\%$.
 - Ondergrond minimaal 3°C hoger zijn dan de dauwpunttemperatuur.
 - Uitwijkmogelijkheid in planning of doorwerkvoorziening.
- Beschikbare tijd voorzorgvuldige uitvoering
 - Voldoende tijd beschikbaar in de planning
 - Indien de reguliere werkbare uren (WBU) onvoldoende zijn, uitvoering in stremming (SLOT)
 - Bitumineuze voegovergang: 12-15 uur aaneengesloten



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Beleid en Regelgeving RWS

Frank van Beek
Willem-Jan van Vliet



Terugblik 2012 → Nu



- Prijsvraag Stille Duurzame Voegovergangen 2007 – 2012 (SDV)
 - resultaat positief, meerdere producten gevalideerd
- Interne beslisnotitie RWS
 - LCC kosten SDV niet hoger dan andere typen
 - vanwege geluid voorkeur voor SDV indien constructief geschikt
- NBD vervangen door RTD 1007 reeks (maart 2013)
 - RTD 1007-1 Meerkeuzematrix voegovergangen
 - RTD 1007-2 Eisen voor voegovergangen
 - RTD 1007-3 Geluideisen voegovergangen
 - RTD 1007-4 Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies
- RWS werkt met geïntegreerde contractvorm
 - Vrijheid aan de markt om geschikte oplossing te kiezen
 - Regelmatig voorkeur voor type 1s in uitvraag RWS ← → niet conform RWS beleid
 - Ook voorkeur bij markt voor type1s



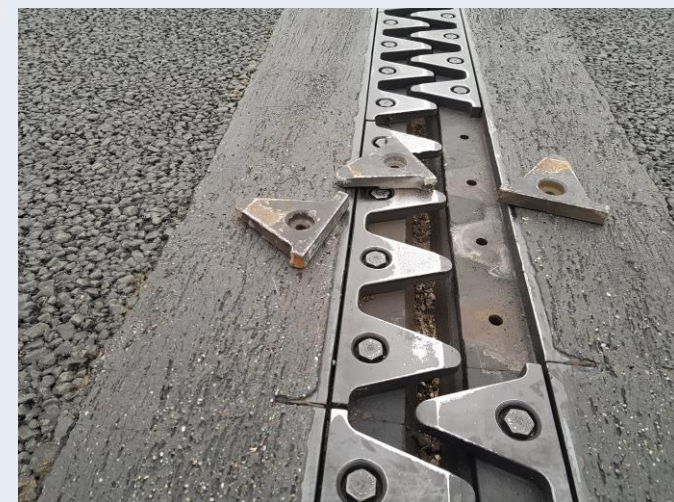
Voorkeur voor SDV indien geschikt voor situatie/KW

Waarom voorkeur voor SDV

- laagste geluidemissie – dus geen geluidhinder voor omgeving
- LCC kosten gunstiger dan andere typen
- Vrijheid om type deklaag te wijzigen

Waarom geen voorkeur voor 1s (staal met sinusplaat)

- Probleem bij wijziging type deklaag
 - »ZOAB → Tweelaags ZOAB = andere laagdikte, stiller
- Hoger piekgeluidniveau (in nieuw staat, en op termijn door onvlakheid deklaag)
- Regelmatig schades sinusplaten >> gevolgen voor veiligheid, beschikbaarheid en LCC
- Risico's door zwaar sloopwerk bij vervanging



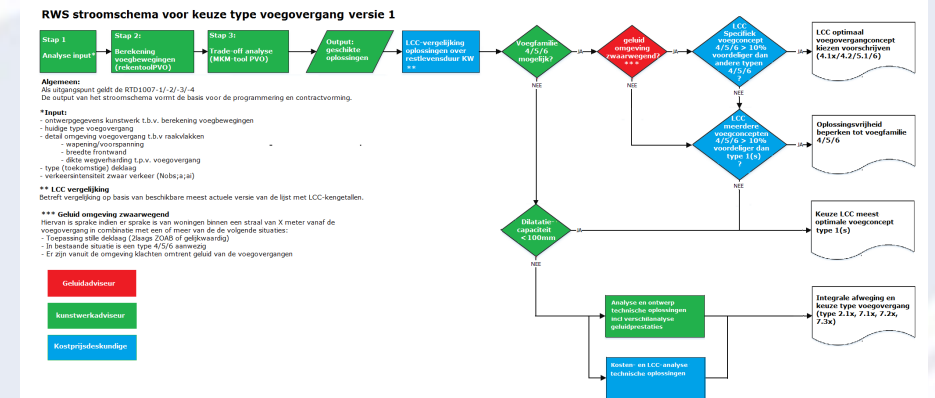
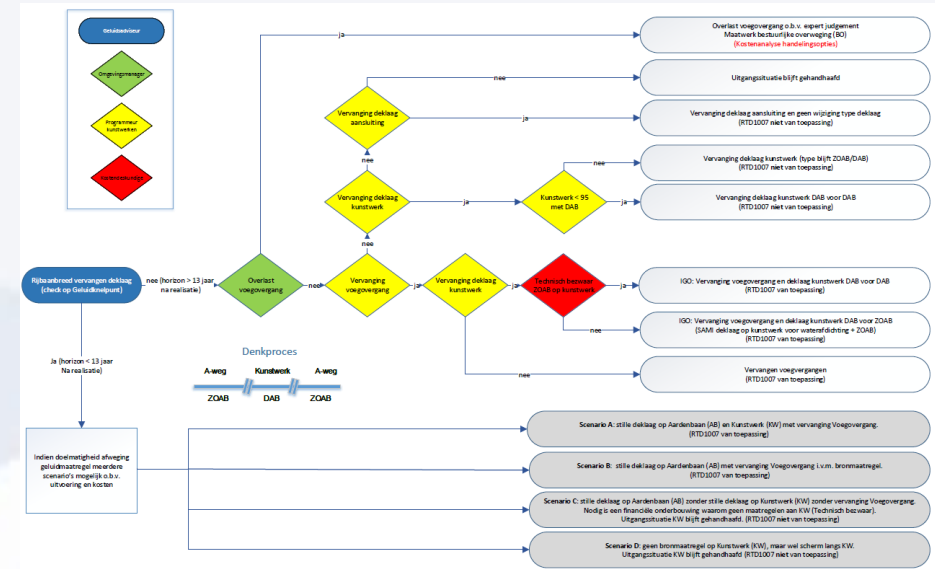


Ontwikkelingen RWS:



- Stroomschema's
- LCC analyses voegovergangsystemen
- Invoering trade-off analyse bij Instandhoudingsadvisering kunstwerken
- Update technisch RTD 1007-1, -2, -3 en -4
- Invoering componentspecificatie voegovergangstelsel
- Vrijgave validatie voegovergangsystemen

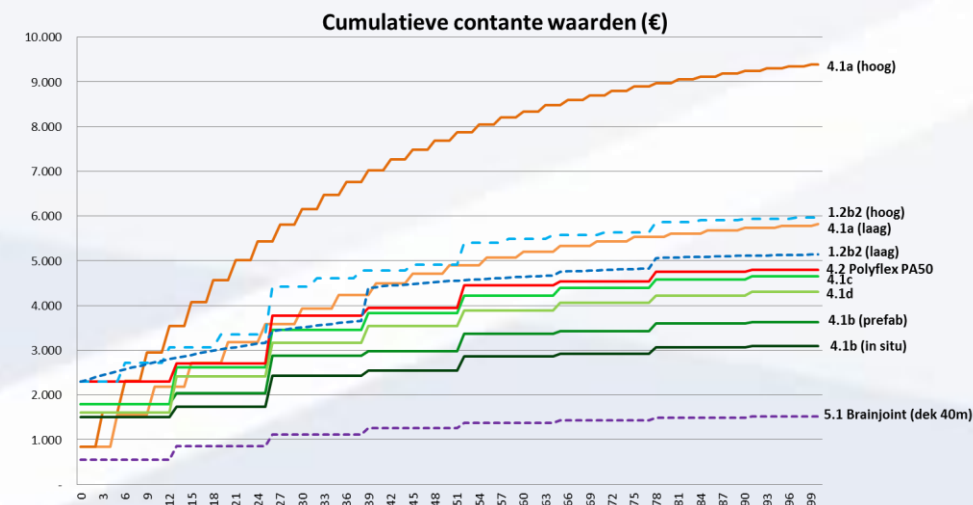
- Intern gerichte stroomschema t.b.v. beleid, programmering en contractvorming
- Doel: eenduidige afweging m.b.t. geluidmaatregelen rijkswegen
- Deklagen en voegovergangen
- Geluid en LCC centraal
- Onder te brengen in nieuwe versie RTD1007-1 (MKM)



LCC-analyse



- T.b.v. beleid objectbeheerregime (OBR) en instandhoudingadvisering bestaande kunstwerken
- Te gebruiken in samenhang met stroomschema
- Uitgangspunten:
 - Hoofdwegenet (verkeerscat 1, 2)
 - Tweelaags ZOAB op DAB (140 mm inbouwhoogte)
 - Looptijd: 100 jaar, Discontovoet: 3%
- Tussenresultaten
 - 4.1a (referentie) is duurst
 - 4.1b/c/d en 5.1 zijn voordeliger dan 1.2b2.
 - 4.2 duurder dan 4.1x type, maar voordeliger dan 1.2b.2.
- Resultaten t.z.t. in RTD1007-1 en MKM-tool PVO





Trade-off analyse



- Ingevoerd bij 6 jaarlijkse programmeringsinspecties
 - Opdrachtnemers: Westenberg, Nebest, IV-Infra
- Resultaat LCC-analyse als uitgangspunt
- Bij vervangingsadvies (<10 jaar)
- Gebruik van PVO MKM-tool
- Integrale afweging op basis functionele prestaties, RAMS-kwaliteit, LCC
- Voorkeurstype RWS in programmering opgenomen
- Stroomschema voegovergangen in ontwikkeling, nog in te voeren
- Trade-off analyse tevens invoeren bij contractvoorbereiding



Rijksoverheid

Trade-off analyse voor vervangen voegovergang

Beheerobjectcode: 30G-004-01

OMSCHRIJVING	Zuidelijk viaduct over de Veenweg en Veenwetering
NAAM	Veenweg zuid
BEHEEROBJECT	Zuidelijk viaduct over de Veenweg en Veenwetering
RW / HM	12 / 7,9 +
BEHEERDER	RWS WNZ / WNZ District Noord
Opdrachtgever	RWS Grote Projecten en Onderhoud
Projectbegeleider RWS	Fons Bots
Zaaknummer	31130019



Rev.	Datum	Omschrijving
1.0	15-02-2019	Definitief

Bedrijf	Iv-Infra b.v.				
Opsteller	Paraaf	Kwaliteitsbeheerser	Paraaf	Projectleider	Paraaf
M. Willems		P.B. de Ruiter		A.P. Heystek	



Update RTD1007



- Nieuwe versie RTD 1007-4 (1.0 → 2.0)
 - Volledig inhoudelijke herziening
 - inhoudelijk gereed, intern in goedkeuringsproces (eind Q2 gereed)
 - op aanvraag beschikbaar
- Nieuwe versie RTD1007-3 (1.0 → 2.0):
 - aanpassing GLW-procedure (spreiding piekwaardes)
 - eindconcept PVO gereed eind Q2, def. versie gepland eind 2019
- Nieuwe versie RTD1007-2 (3.0 → 4.0):
 - diverse inhoudelijke aanpassingen
 - eindconcept PVO gereed eind Q2, def. versie gepland eind 2019
- Nieuwe versie RTD1007-1 MKM (1.0 → 2.0):
 - diverse inhoudelijke aanpassingen
 - def. versie gepland eind 2019



Componentspecificatie voegovergang (1)



- Nieuw, invoering eind 2019 (i.v.m. relatie update RTD1007-2/-3/-4)
- SE-basis voor systeemontwikkeling en contractvorming
 - Functionele eisen
 - Aspecteisen
 - Eisen uit raakvlakanalyse
- RTD1007 als onderliggend technisch kader
 - Voldoen aan RTD1007 als ontwerprandvoorwaarde
 - Verificatie/validatie voegovergangssysteem vereiste (vrijgave)
- Beperking oplossingsvrijheid via ontwerprandvoorwaarde
 - Op basis van trade-off analyse opdrachtgever.
- Verificatie objectspecifiek
 - Contractfase (analyse)
 - Realisatiefase (toetsing en, keuring)
 - Gebruiksfase (inspectie en keuring onderhoud)

1	Inleiding
2	Systeemdefinitie
2.1	Gekozen oplossing
2.2	Contextbeschrijving
2.2.1	Positionering in bovenliggend systeem
2.2.2	Contexttabel met raakvlakken
2.2.3	Systeemgrenzen
2.3	Functiebeschrijvingen
3	Systeemeisen
3.1	Voegovergangssysteem
3.1.1	Eisen uit functieanalyse
3.1.1.1	Ruimte bieden voor vervormingen en verplaatsingen
3.1.1.2	Weerstand bieden tegen verkeersbelastingen
3.1.1.3	Veilige en comfortabele passage mogelijk maken
3.1.1.4	Beschermen tegen schadelijke invloeden
3.1.2	Eisen uit aspectanalyse
3.1.2.1	Betrouwbaarheid
3.1.2.2	Beschikbaarheid
3.1.2.3	Onderhoudbaarheid
3.1.2.4	Veiligheid
3.1.2.5	Gezondheid
3.1.2.6	Ergonomie
3.1.2.7	Omgevingshinder
3.1.2.8	Duurzaamheid
3.1.2.9	Vormgeving
3.1.2.10	Toekomstvastheid
3.1.2.11	Sloopbaarheid
3.1.2.12	Uitvoerbaarheid
3.1.3	Eisen uit raakvlakanalyse
3.1.3.1	Voegovergangssysteem - Wegverharding - Bovenbouw/Steunpunt
3.1.3.2	Voegovergangssysteem - Bovenbouw/Steunpunt
3.1.3.3	Voegovergangssysteem - Hemelwaterafvoersysteem
3.1.3.4	Voegovergangssysteem - Wegverharding
3.1.3.5	Voegovergangssysteem - Schamprandconstructie
3.1.3.6	Voegovergangssysteem - Beheerder
4	Ontwerprandvoorwaarden
4.1	Voegovergangssysteem



Validatie voegovergangsystemen



- Beschikbaar flexibel bitumineus (4.1):
 - Silent Joint (4.1b),
 - Breure FPEJ (4.1d)
- Beschikbaar kunststof (4.2):
 - Silent joint Flex (op basis van ETA)
 - Mageba Polyflex Advanced (op basis van ETA)
- Beschikbaar verborgen voegovergang (5):
 - Brain Joint (5.1)
- Beschikbaar integraalvoegen (6)
 - Ooms
 - BAM

Opmerking 5.1 : ook toepasbaar bij integraalkunstwerken
- In validatieproces:
 - KKK Bituvoeg (Van Kessel) 4.1c
- In ontwikkeling bij markt: nieuwe flexibele voegovergangsystemen op basis van RTD 1007-4
 - Prismo-joint: (Smits Neuchatel/Ennis Flint) 4.1d
 - HEWA-joint (Heijmans/Hartmann Engineering) 4.2

Stroomschema verhardingen/voegovergangen



2 uitgangspunten

- Onderhoud deklaag (IGO)
- Onderhoud kunstwerk

Vraag 1

Is er een geluidknelpunt

→ Geluidadviseur RWS

→ wel/geen wettelijke
verplichting tot
geluidmaatregel (TLZOAB)

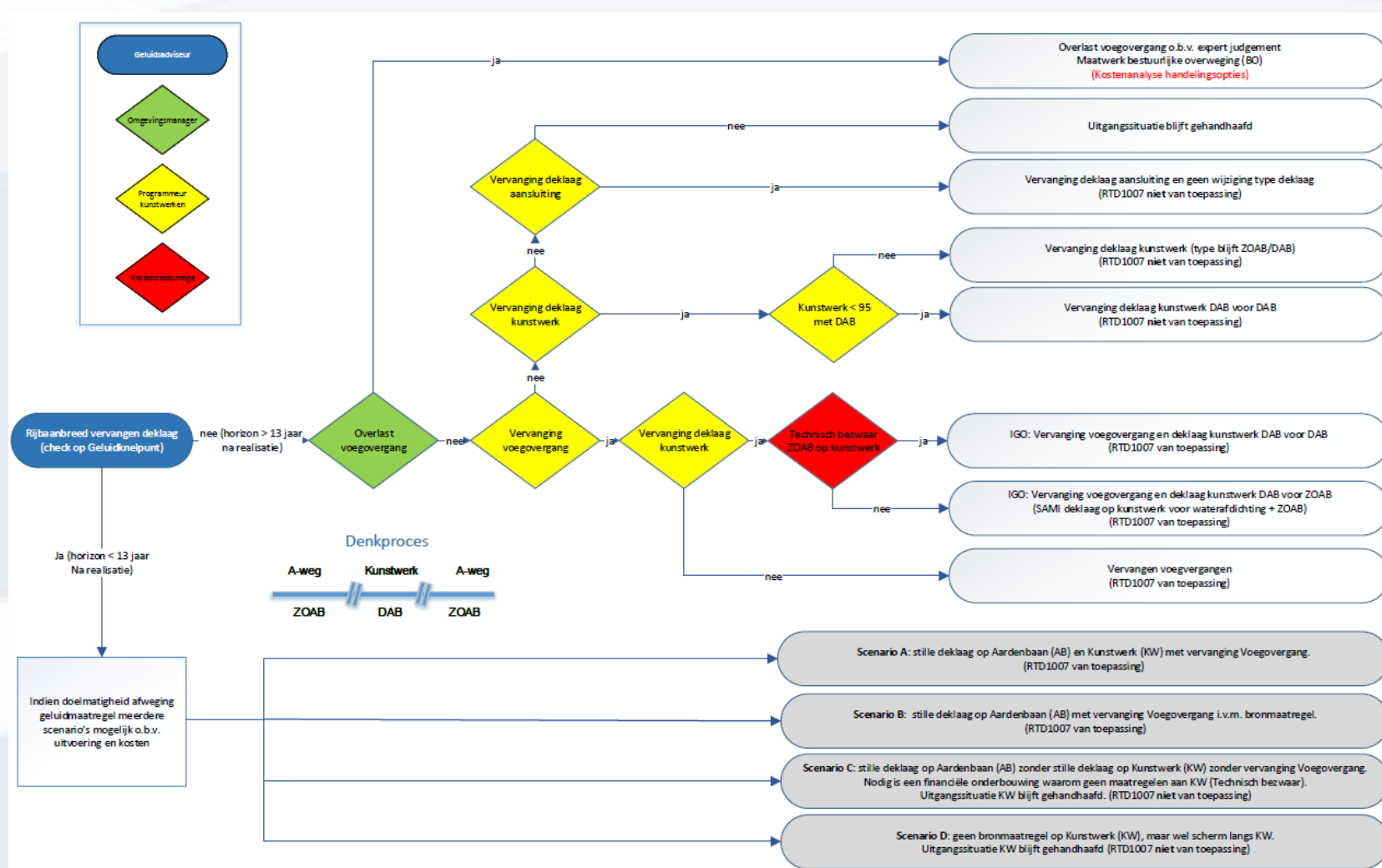
Vraag 2

Is de Geluideis wel of niet van
toepassing ?

Toepassingsbereik RTD 1007-3

→ Bij wijzigen type deklaag

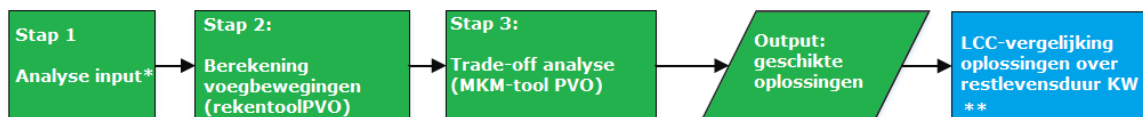
→ Bij vervangen Voegovergang



Stroomschema verhardingen/voegovergangen



RWS stroomschema voor keuze type voegovergang versie 1



Algemeen:

Als uitgangspunt geldt de RTD1007-1/-2/-3/-4
De output van het stroomschema vormt de basis voor de programmering en contractvorming.

*Input:

- ontwerpgegevens kunstwerk t.b.v. berekening voegbewegingen
- huidige type voegovergang
- detail omgeving voegovergang t.b.v. raakvlakken
 - wapening/voorspanning
 - breedte frontwand
 - dikte wegverharding t.p.v. voegovergang
- type (toekomstige) deklaag
- verkeersintensiteit zwaar verkeer (Nobs;a;ai)

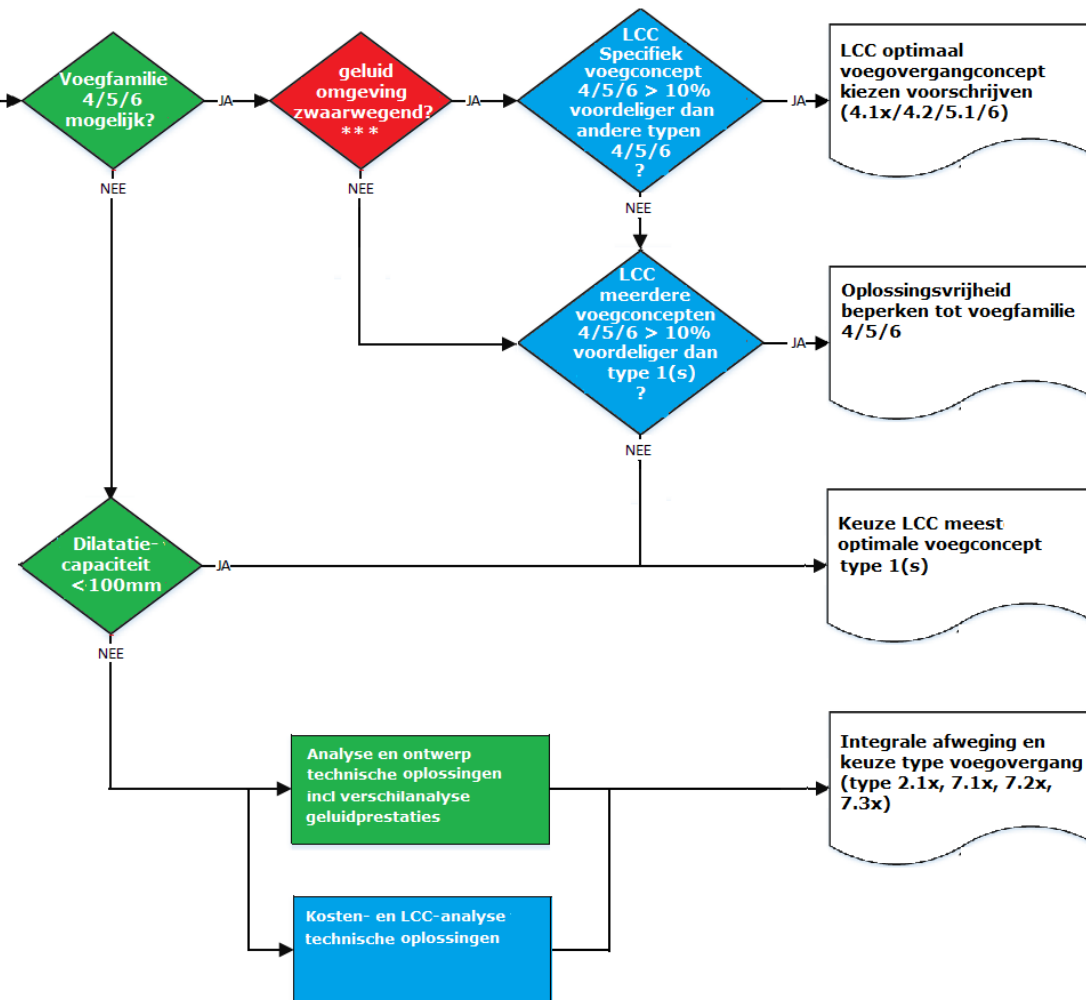
** LCC vergelijking

Betreft vergelijking op basis van beschikbare meest actuele versie van de lijst met LCC-kengetallen.

*** Geluid omgeving zwaarwegend

Hiervan is sprake indien er sprake is van woningen binnen een straal van X meter vanaf de voegovergang in combinatie met een of meer van de volgende situaties:

- Toepassing stille deklaag (2laags ZOAB of gelijkwaardig)
- In bestaande situatie is een type 4/5/6 aanwezig
- Er zijn vanuit de omgeving klachten omtrent geluid van de voegovergangen



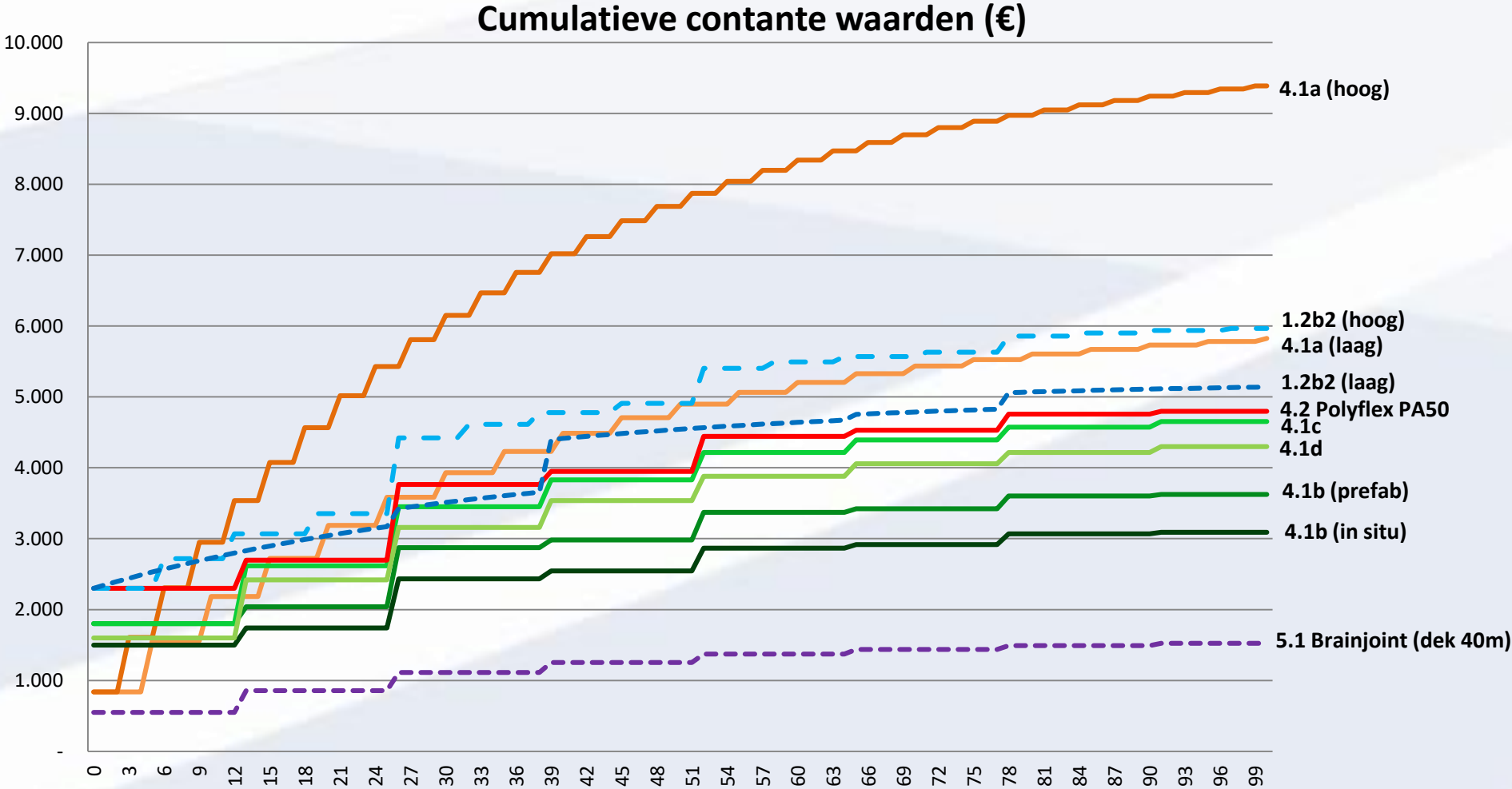
Geluidadviseur

kunstwerkadviser

Kostprijsdeskundige



Tussenresultaten LCC





Componentspecificatie voegovergang (1)



Objectspecifieke verificatie:

- Verificatie contractfase
 - Dilatatiecapaciteit – uitvoeren analyse
 - Toekomstvastheid
 - Uitvoerbaarheid (i.r.t. beschikbare uitvoeringstijd)
 - Raakvlakken – uitvoeren analyse
- Verificatie realisatiefase
 - Functionele prestaties oplossing – toetsing a.d.h.v. DoP
 - Raakvlakken – toetsing
 - Monitoring inbouw conform werkinstructie
 - Keuring eindresultaat
 - Vastlegging as-built situatie
- Verificatie gebruikfase
 - Inspectie conform CUR Handboek inspectie voegovergangen
 - Onderhoud conform B&O-plan

1	Inleiding
2	Systeemdefinitie
2.1	Gekozen oplossing
2.2	Contextbeschrijving
2.2.1	Positionering in bovenliggend systeem
2.2.2	Contexttabel met raakvlakken
2.2.3	Systeemgrenzen
2.3	Functiebeschrijvingen
3	Systeemeisen
3.1	Voegovergangssysteem
3.1.1	Eisen uit functieanalyse
3.1.1.1	Ruimte bieden voor vervormingen en verplaatsingen
3.1.1.2	Weerstand bieden tegen verkeersbelastingen
3.1.1.3	Veilige en comfortabele passage mogelijk maken
3.1.1.4	Beschermen tegen schadelijke invloeden
3.1.2	Eisen uit aspectanalyse
3.1.2.1	Betrouwbaarheid
3.1.2.2	Beschikbaarheid
3.1.2.3	Onderhoudbaarheid
3.1.2.4	Veiligheid
3.1.2.5	Gezondheid
3.1.2.6	Ergonomie
3.1.2.7	Omgevingshinder
3.1.2.8	Duurzaamheid
3.1.2.9	Vormgeving
3.1.2.10	Toekomstvastheid
3.1.2.11	Sloopbaarheid
3.1.2.12	Uitvoerbaarheid
3.1.3	Eisen uit raakvlakanalyse
3.1.3.1	Voegovergangssysteem - Wegverharding - Bovenbouw/Steunpunt
3.1.3.2	Voegovergangssysteem - Bovenbouw/Steunpunt
3.1.3.3	Voegovergangssysteem - Hemelwaterafvoersysteem
3.1.3.4	Voegovergangssysteem - Wegverharding
3.1.3.5	Voegovergangssysteem - Schamprantconstructie
3.1.3.6	Voegovergangssysteem - Beheerder
4	Ontwerprandvoorwaarden
4.1	Voegovergangssysteem



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

Proeven en onderzoeksontwikkelingen

TNO innovation
for life

Dave van Vliet (TNO)

Paul Kuijper (RWS)



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Inhoud



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



← Nu →



Spoorvorming



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Spoorvorming



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Nieuwe systeemtest i.p.v. triaxiaalproef
uit RTD 1007-4 versie 1.0

Zware spoorvormingstest
MMLS3 (bij Empa CH)

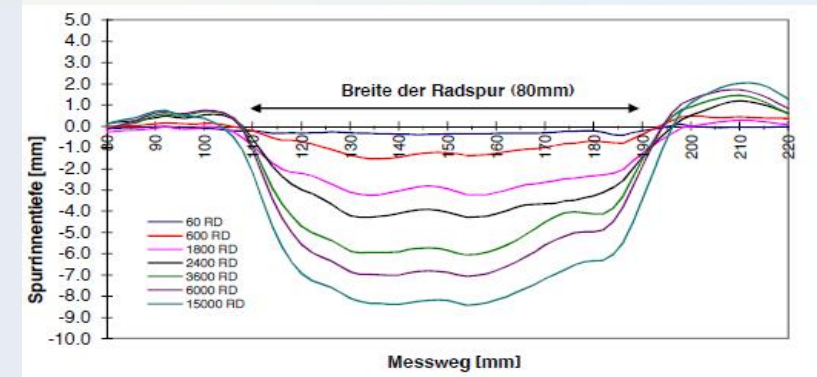
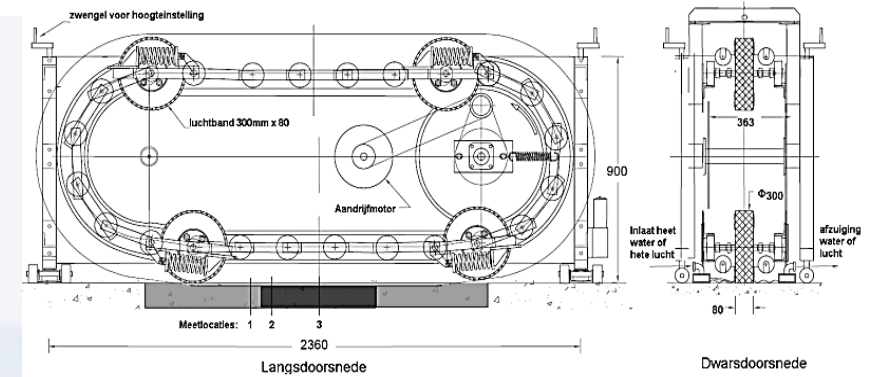
Testcondities MMLS:

- Temperatuur voegmassa: 45°C
- 8000 cycli
- 0,78 m/s
- 0,6 MPa wieldruk
- Geen versporing

Tabel 6.6a: Eisen gemeten absolute spoorvorming @ 45°C.

$N_{obs,a;ai}$	Maximaal gemeten spoorvorming [mm]			
	2000 cycli	4000 cycli	6000 cycli	8000 cycli
2.000.000	-	-	-	10,0
1.500.000	-	-	10,0	12,0
1.000.000	-	10,0	12,0	14,0
500.000	10,0	12,0	14,0	16,0

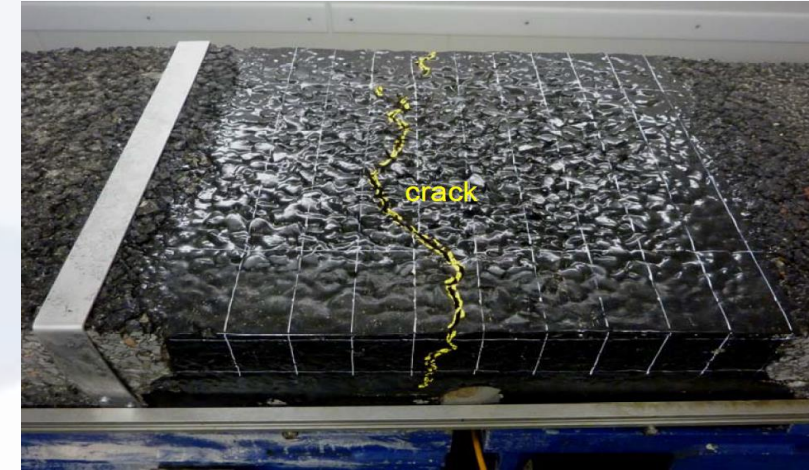
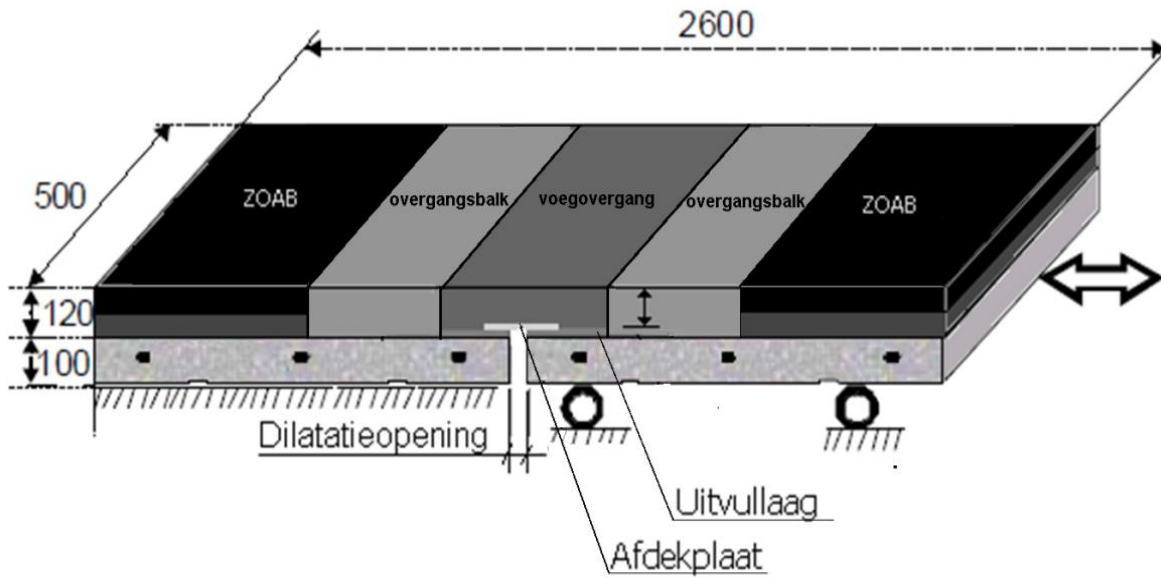
$N_{obs,a;ai}$ = Verwacht aantal zware voertuigen per jaar in de zwaarst belaste rijstrook



Laagcyclische vermoeiingsproef

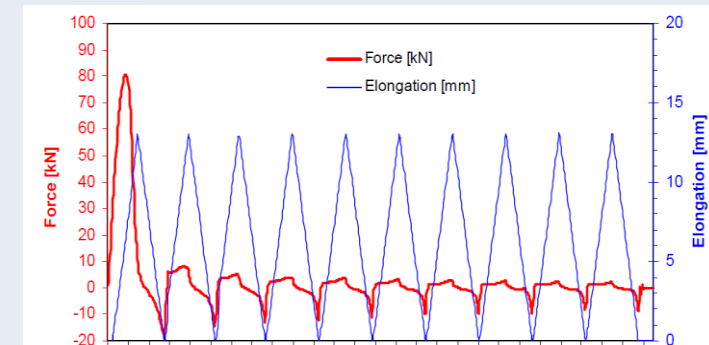


Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Testcondities:

- Horizontale zaagtandbeweging bij -10°C en 10 mm/uur (65% van max. toelaatbare rek)
- 10 belastingsherhalingen



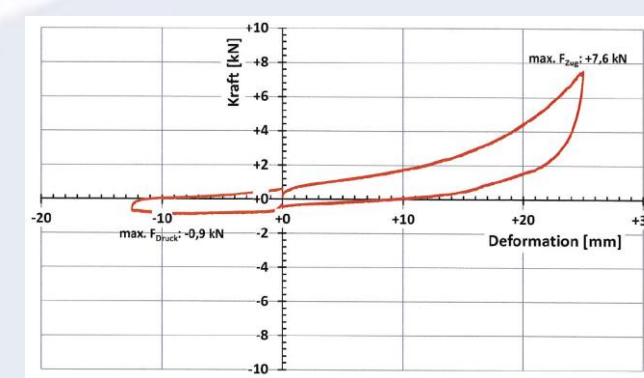
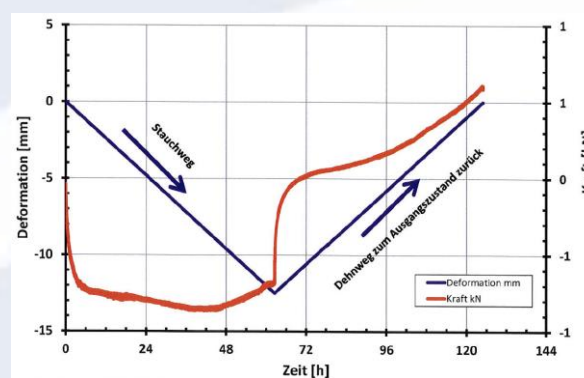
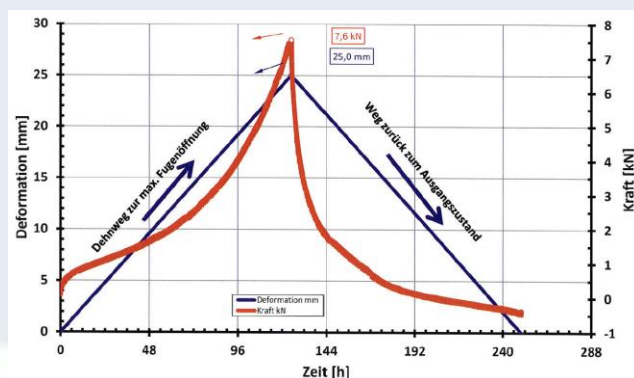
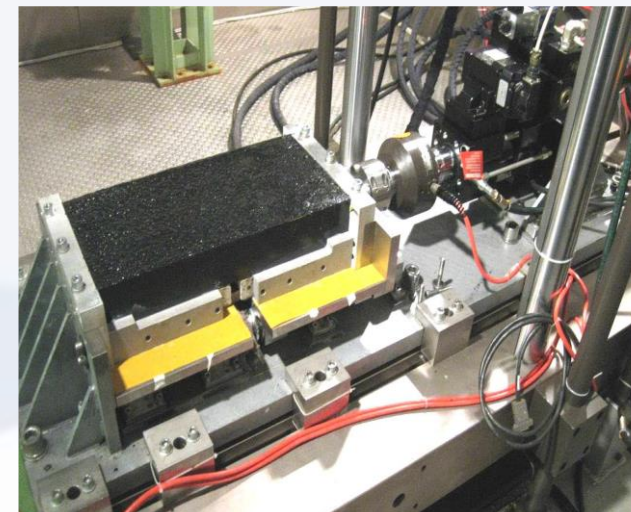
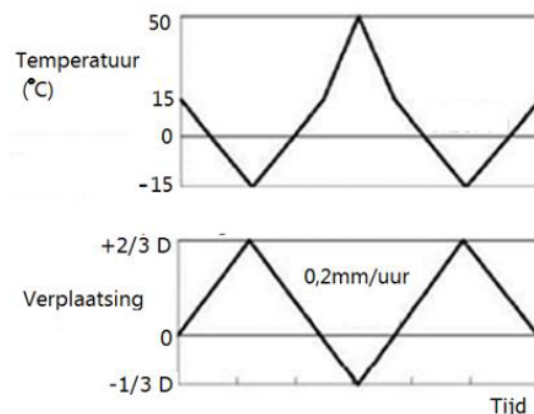
Rek/stuik proef: Laagfrequente bewegingscapaciteit (simulatie thermische beweging)



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Tabel 6.1 Testprotocol rek-stuikproef

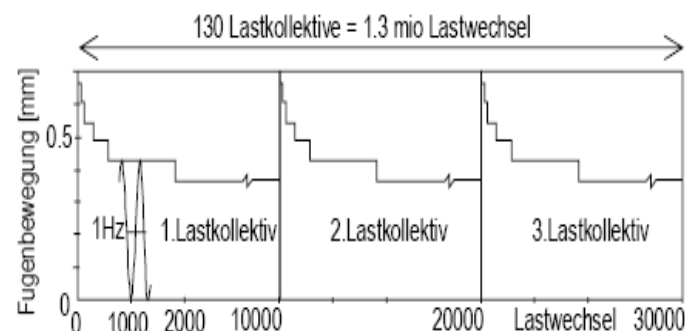
Tijd [uur] bij D=37,5mm	Temperatu ur (°C)	Voegopening [mm]
0	+15	0
125	-15	+2/3D (+25mm)
250	+15	0
312,5	+50	-1/3D (-12,5mm)
375	+15	0
500	-15	+2/3D (+25mm)
625	+15	0



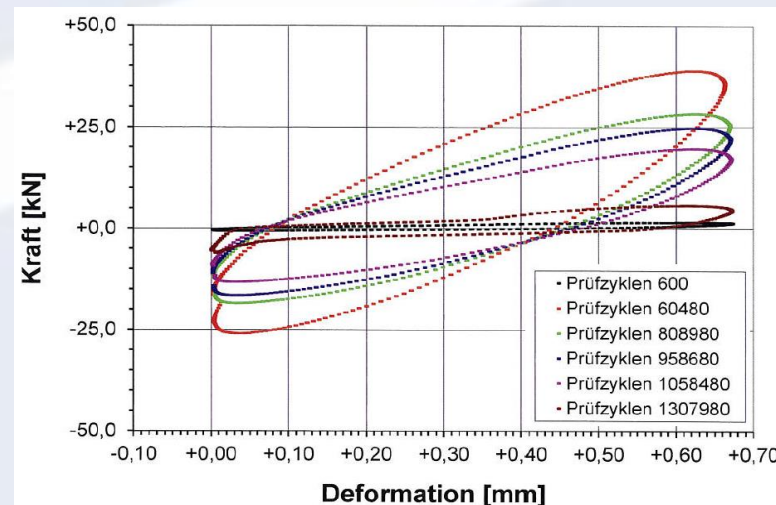
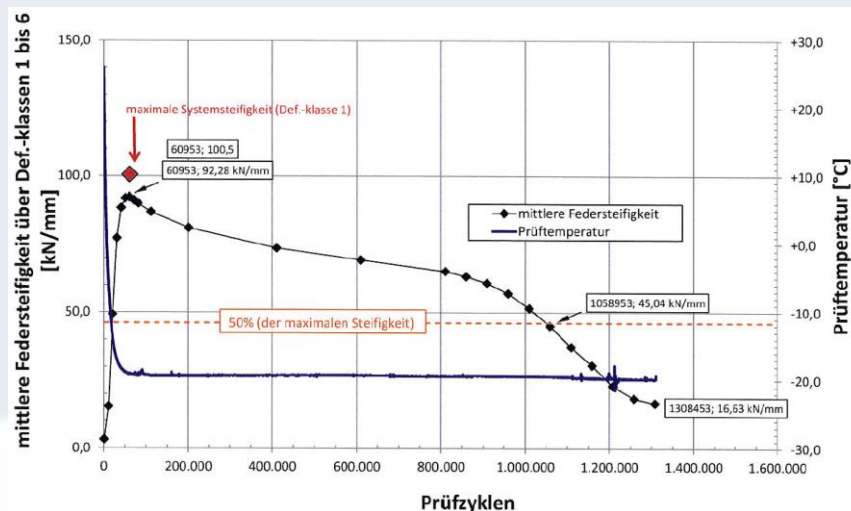
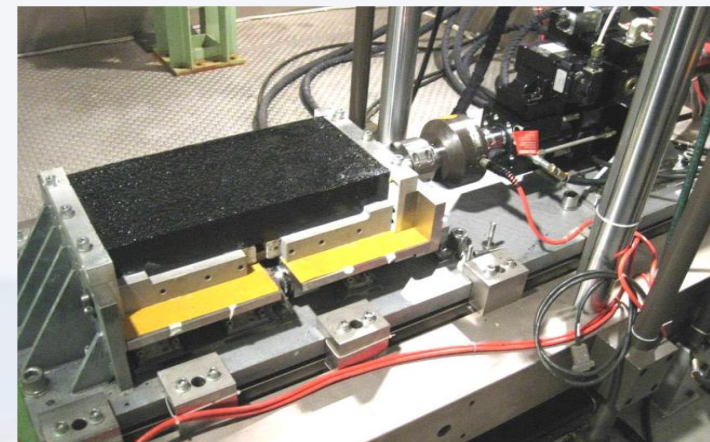
Rek/stuik proef: Hoogfrequente bewegingscapaciteit (simulatie verkeersbelasting)



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Verschiebungsklasse	Amplitude [mm]	Lastwechsel pro Abschnitt
1	0.67	60
2	0.61	60
3	0.55	180
4	0.49	280
5	0.43	1220
6	0.37	8200



Rek/stuik proef: Hoogfrequente bewegingscapaciteit (simulatie verkeersbelasting)

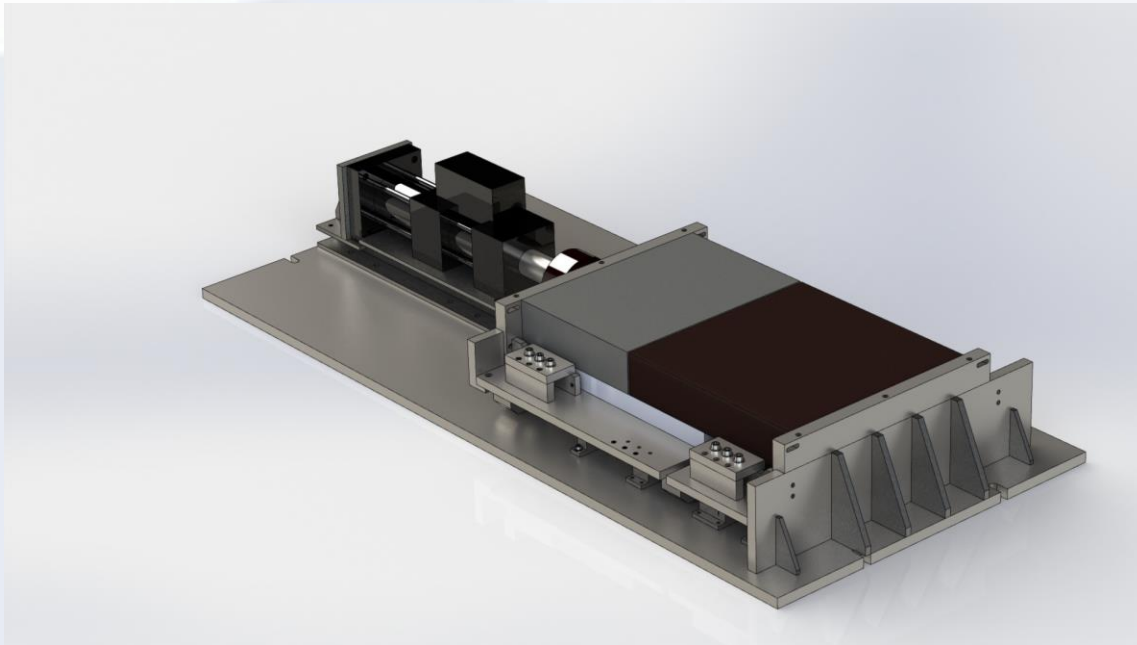


Tabel 6.2 Testprotocol hoogfrequente vermoeiingsproef @-15°C en 1 Hz (N=40)

belasting stap	Representatief voertuignr FLM4b	aantal voertuigen per jaar	Aantal cycli per stap	Totaal aantal cycli	Aanbevolen amplitude [mm] per toepassingscategorie			
					I	II	III *	IV *
1	1	750.000	5.250	210.000	0,20	0,30	0,45	0,60
2	2	600.000	4.200	168.000	0,25	0,40	0,60	0,80
3	3	600.000	4.200	168.000	0,30	0,50	0,90	1,20
4	4	230.000	1.610	64.400	0,40	0,70	1,05	1,40
5	5	66.000	462	18.480	0,50	0,80	1,20	1,60
6	6	3.100	22	880	0,60	1,10	1,65	2,20
7	7-10	900	6	240	0,80	1,40	2,10	2,80
		2.250.000	15.750	630.000				

**) categorie III en IV zijn doorgaans niet geschikt voor onverankerde bitumineuze voegovergangen en voor verankerde bitumineuze voegovergangen zonder speciale rekspreidende voorzieningen.*

Ontwikkelingen Rek/stuik proef



Aanpassing voor:

- Voegbreedte (in lengte richting proefstuk/opstelling) – van 500 naar 700 mm (gietasfalt flank)
- Hoogte – van 75 naar 100 mm
- Mogelijkheid extra belastingrichting (verticaal – niet simultaan)

Aantonen stroefheid



De stroefheid moet worden aangetoond met “De slingerproef” volgens NEN-EN 13036-4

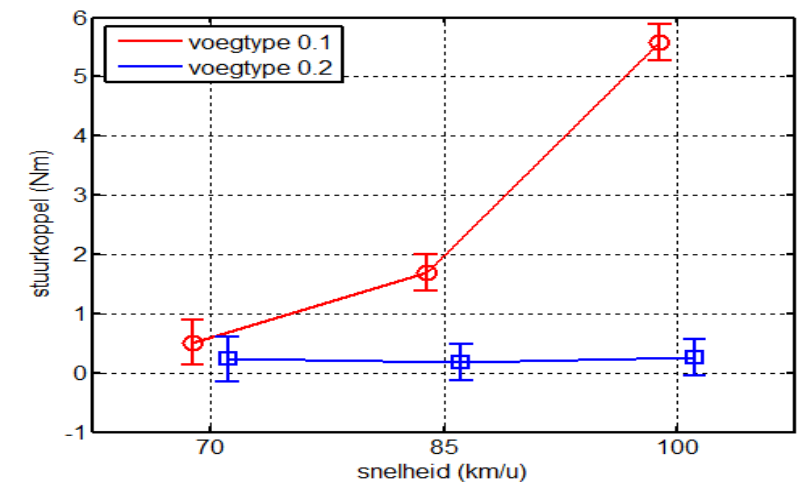
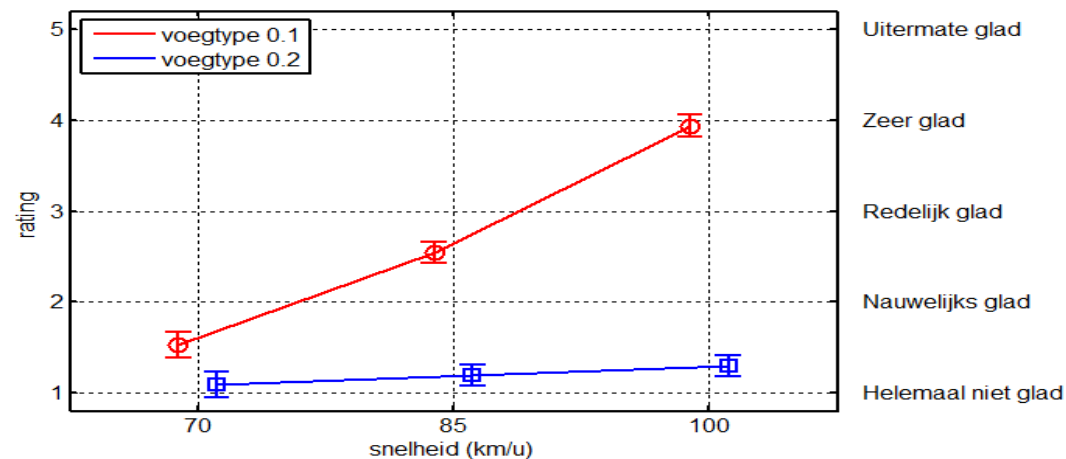
Eis in situ: minimaal 45

Eis Type Test: minimaal 70

De beleving van stroefheid



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Maatregelen en onderzoek t.a.v. stroefheid



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Boogstralen $\leq 350\text{m}$ veel aanspraak op dwarsstroefheid => => geen flexibele voegovergang
- SRT-waarde geen voorspeller voor stroefheidontwikkeling => => ontwikkelen alternatieve Type Test:
 - (gemodificeerde) FAP-test (NEN-EN 12697-49)
 - (gemodificeerde) wielspoorproef (RTD 1015)

FAP-test (Friction after Polishing)



Standaard FAP-test:

- 90.000 polijstovergangen
- Polijsttemperatuur $\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Gemodificeerde FAP-test:

- Meer of minder dan 90.000 polijstovergangen
- Polijsttemperatuur circa $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Wielspoorproef



Standaard wielspoorproef

- Smal wiel (0,5 MPa)
- Wiel onder 3°
- Beproevingstemperatuur 40 °C

Gemodificeerde wielspoorproef

- Breed wiel (0,4 MPa)
- Wiel onder 3°
- Beproevingstemperatuur 40 °C
- SRT met smal en breed rubber
- Visuele inspectie
- Meten spoorvorming

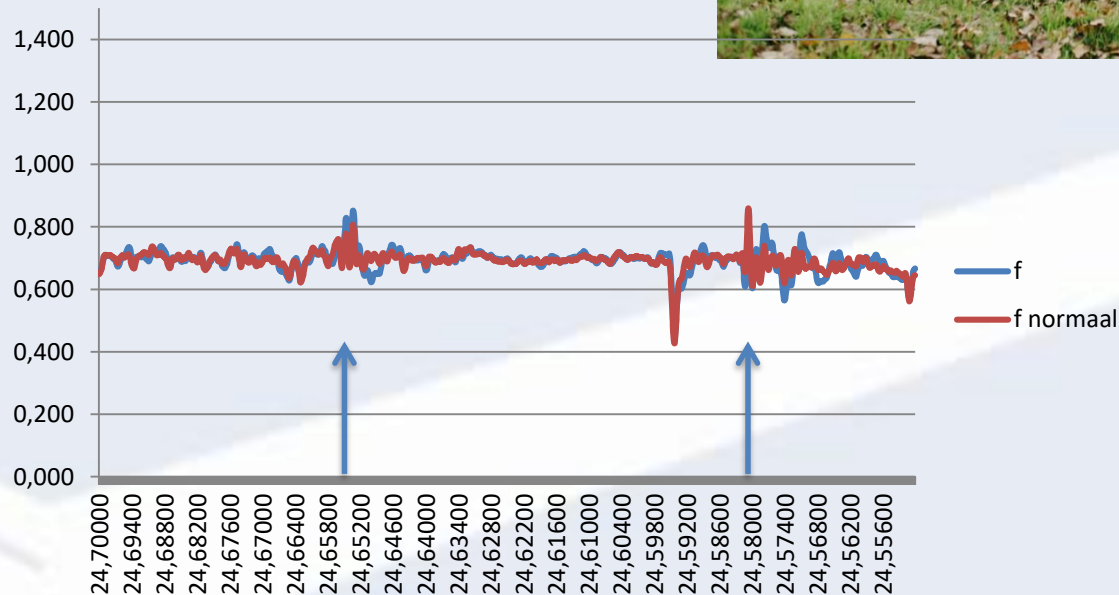
Meten stroefheid in situ



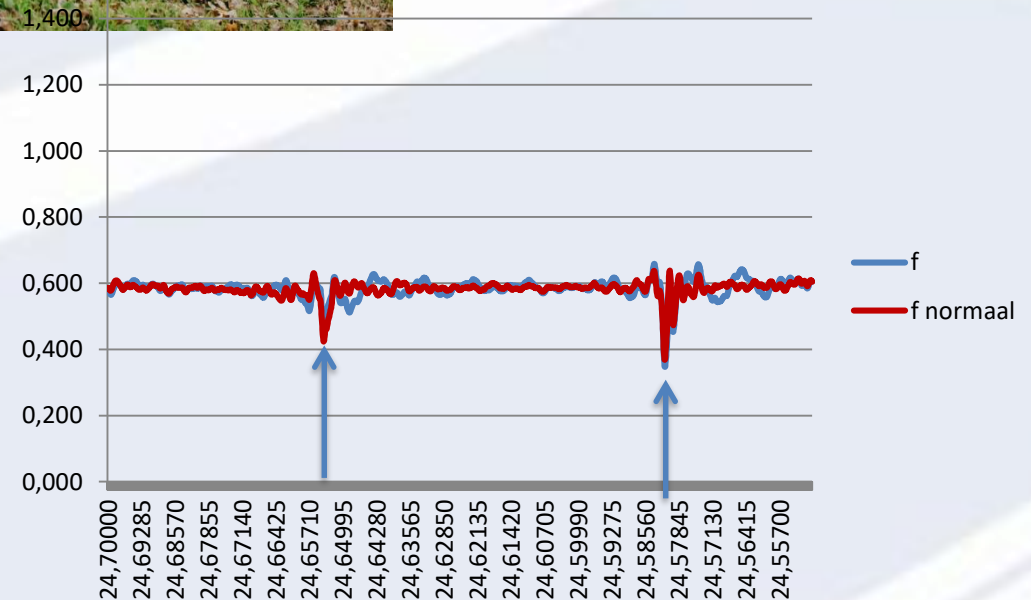
Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



RW010 1 HR L 1V- L 24,7-24,5



RW010 1 HR L 3R- L 24,7-24,5



Samenvatting



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Enkele verschillen RTD 1007-4 versie 1.0 versus RTD 1007-4 versie 2.0
 - a) Triaxiaalproef vervallen alleen nog de spoorvormingsproef MMLS
 - b) Kracht-verplaatsingsdiagram vervangen door laagfrequente vermoeiingsproef van EMPA
 - c) Bij BAM-test zijn de temperaturen en belastingen aangepast aan de Nederlandse omstandigheden.
 - d) Bij b) en c) wordt de gedeclareerde dilatatiecapaciteit getoetst.
- Toekomstige ontwikkelingen
 - a) Stroefheid aanvulling voor RTD versie 2.1
 - b) Alternatief voor spoorvorming
 - c) BAM – combi voor laag + hoog frequent testen



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

VOEGOVERGANG TYPE 4.1D

Verbeterde bitumineuze voegovergang



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



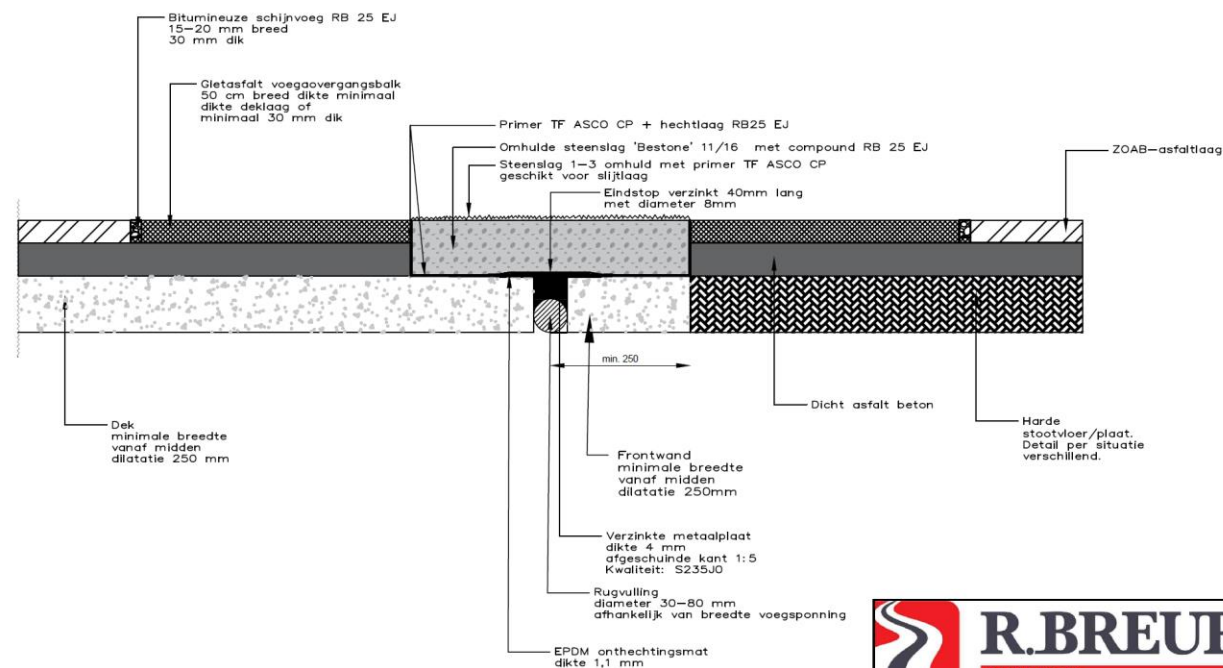
Richard Breure



Voegovergang ontwikkeld in eigen beheer met als Leidraad de RTD 1007-4



Componenten voegovergang

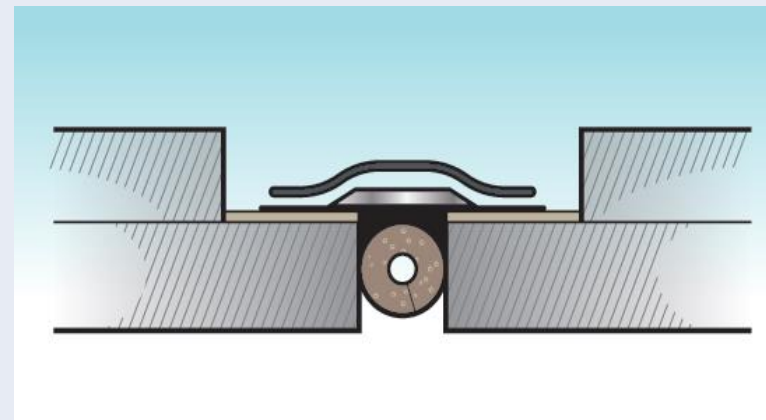


Toepasbaar in het gehele Nederlandse wegennet



Duurzaam – geen verankering

- Geen schade aan viaduct door boren bij het aanbrengen van de voeg.
- Geen schade aan het viaduct bij vervangen door sloopwerk.
- Hergebruik materialen.
- Risico bij onjuiste applicatie.



Specificaties:

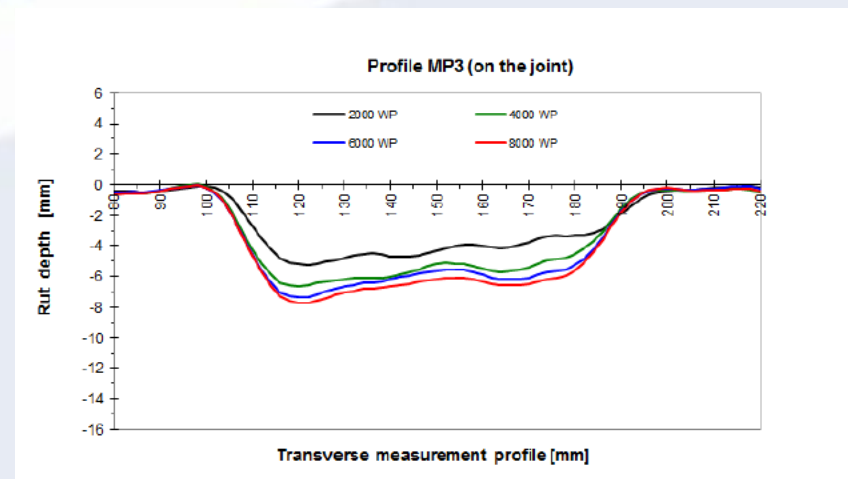


Technische specificaties

Naam:	Breure FPEJ
Voegtype:	Flexibele voegovergang
Typenummer:	FPEJ 37,5
Conceptnummer MKM:	4.1.d
Gebruikscategorie:	1
Ontwerplevensduur:	>10 jaar
Maximale breedte voegspleet:	50 mm
Opn. verplaatsing laagfrequent:	+25mm / -12,5 mm
Opn. verplaatsing hoogfrequent:	0,8 mm



Spoorvorming - MMLS



Gietasfaltrandbalken

- Steun bieden
- Geen schade langs ZOAB
- Voordeel tijdens applicatie
- Opnemen van trekkracht



Geluidsarme voeg

Zeer goed toepasbaar in:

- Stille wegdekken
- Binnenstedelijk gebied

Bij vervanging asfalt opnieuw
Ingebouwd waardoor geen
hoogteverschillen



Inspectie en Onderhoud

**Jaarlijkse inspectie
Onderhoud slijtlaag
Handboek Inspectie voegovergangen**

8.6.6 Aandachtspunten advies

Bitumineuze voegovergangen werden vaak toegepast vanwege de beperkt beschikbare uitvoeringstijden, de lage aanlegprijs en de goede geluideigenschappen. De korte levensduur was daar ondergeschikt aan. Steeds vaker worden hogere eisen gesteld aan voegovergangen, ingegeven vanuit nieuwe en hogere eisen ten aanzien van betrouwbaarheid, beschikbaarheid, totale kosten gedurende de hele levensduur van kunstwerken en duurzaamheid.

(Kwali)tijd

Conceptplanning op website van het PVO.



DROGEN



UITHARDEN



AFKOELEN



INZAKKEN



AFKOELEN



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Flexibele voegovergangen Familie 4.1b Silent Joint

Ronald Diele



Silent Joint, de stille voeg



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Familie 4.1b:

Bitumineuze voeg bestaande uit:

- Gemodificeerde bitumen
- Mineraal aggregaat (EOS)
- Hoeklijnen
- Spiraalveren tussen de hoeklijnen

Ontwikkeling door RSAG (Zwitserland)

Toepassing in:

- Zwitserland
- Oostenrijk
- Hongarije
- Finland
- Polen
- Roemenië
- Japan
- België
- Nederland; licentiehouders Schagen Groep



Silent Joint, de stille voeg



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

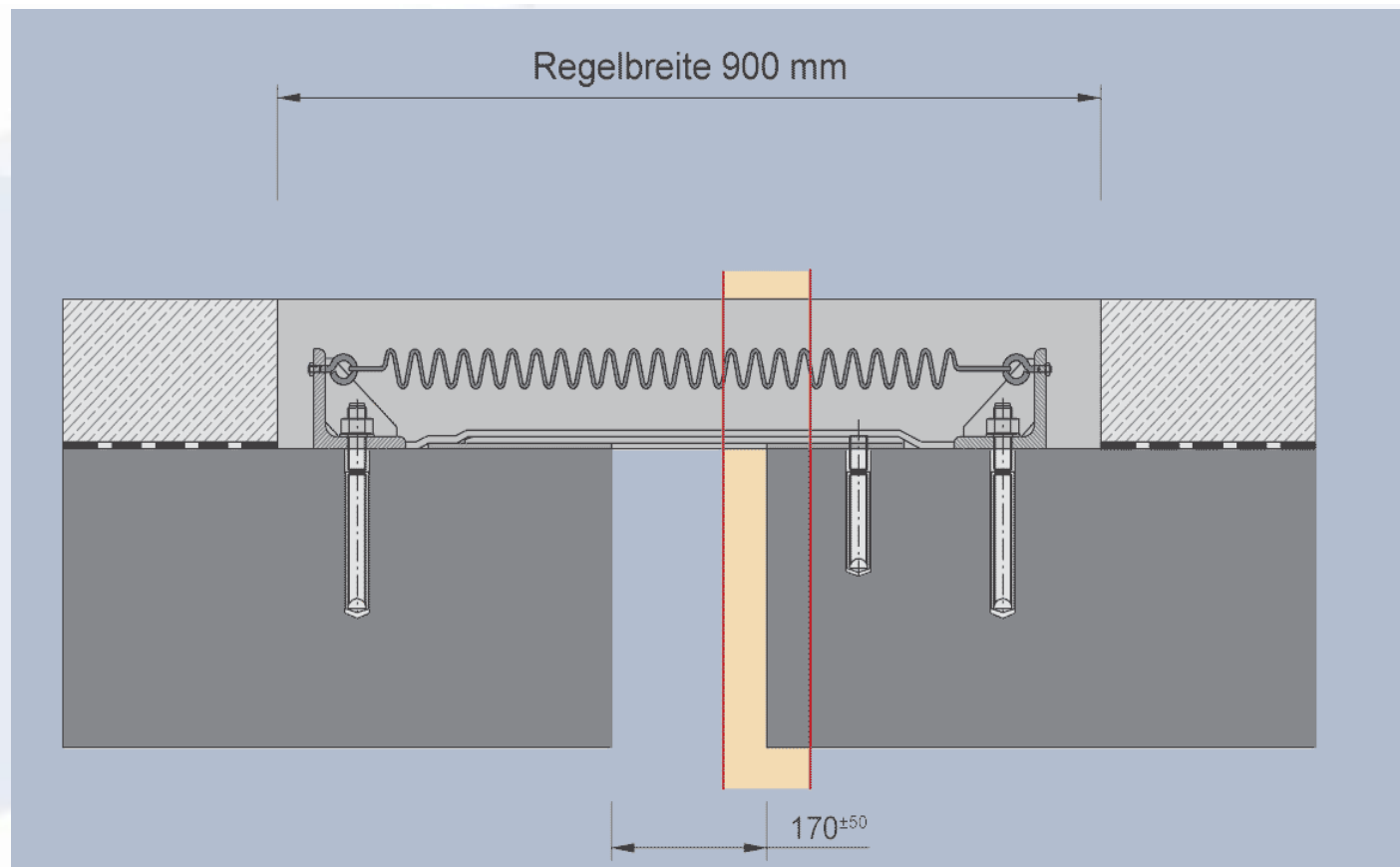


Bözinger Viaduct bij Biel in Zwitserland
75 mm horizontale beweging

Silent Joint, de stille voeg



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



Silent Joint, de stille voeg



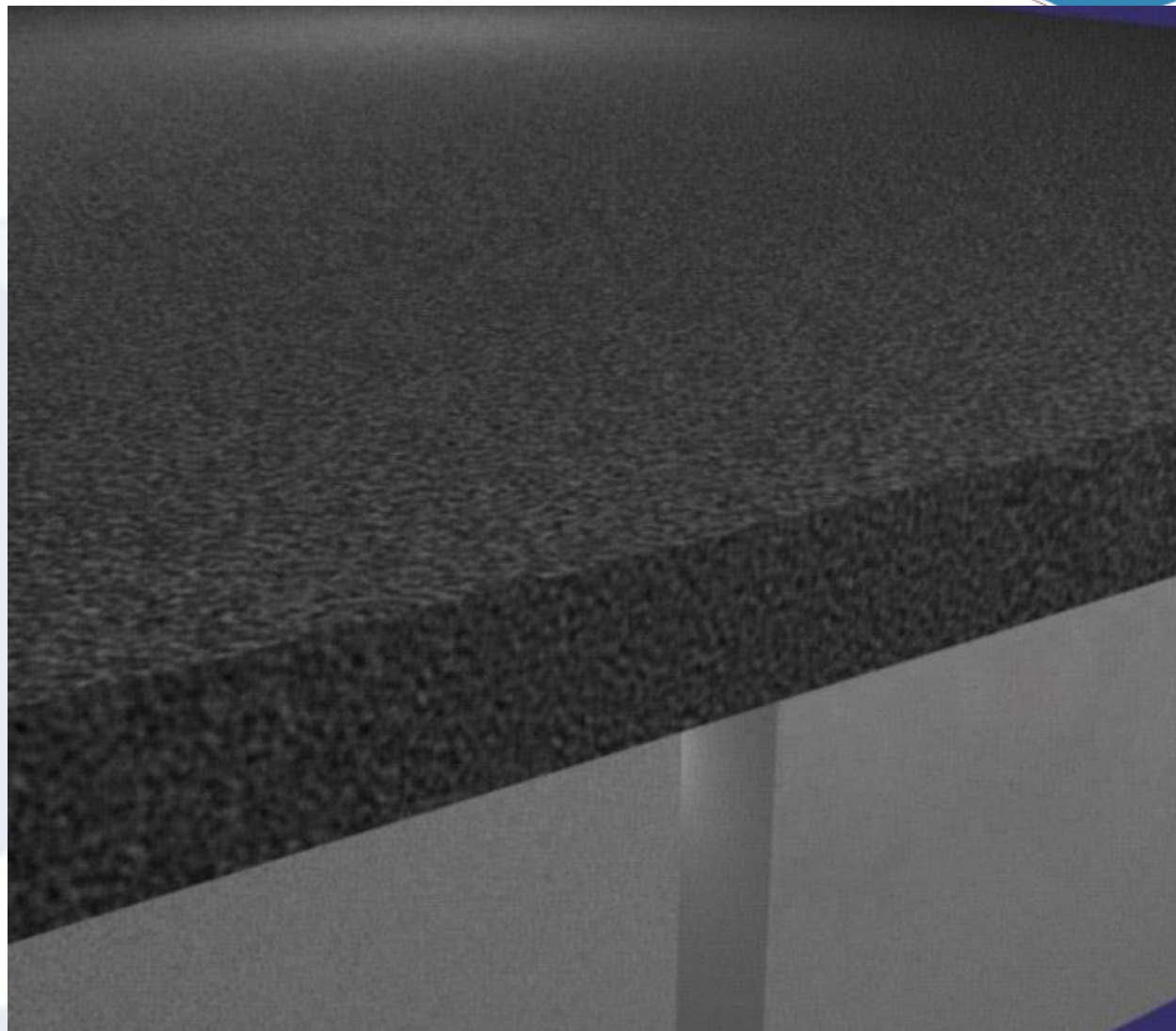
**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

Geschiedenis van de Silent Joint

2006	Introductie van Silent Joint in Nederland Proefvakken: • A18 Bielheimerbeek: 2 x Silent Joint 500 • A58 Breda: 4 x Silent Joint 500
2008	Start RWS prijsvraag Stille Duurzame Voegovergangen
2008 – 2012	Monitoringsperiode en winnaar prijsvraag Rijkswaterstaat
2019	Validatietraject RTD-1007-4 voor Silent Joint 500 afgerond

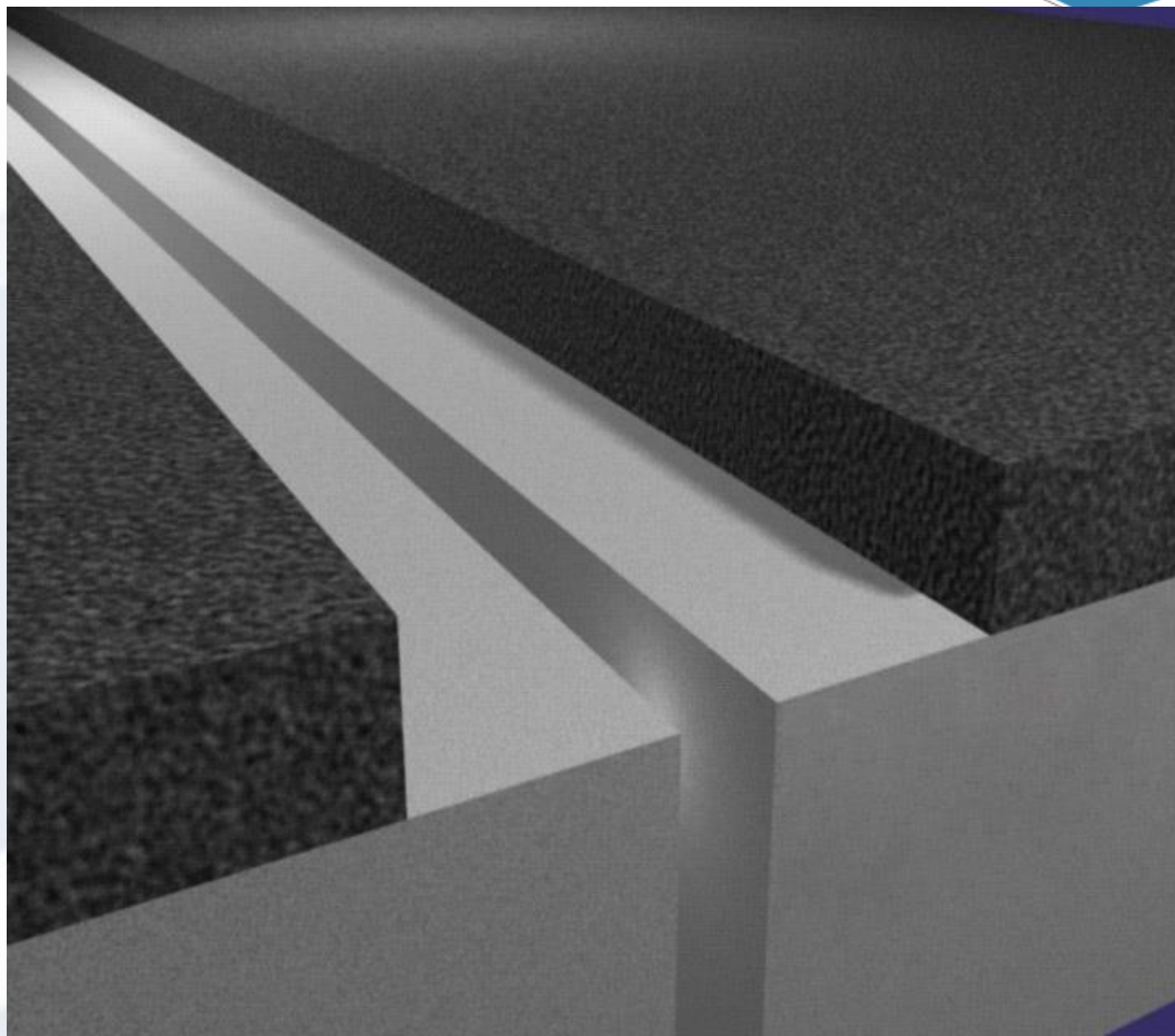
Tot op heden bijna 5 km aan voegen ingebouwd.

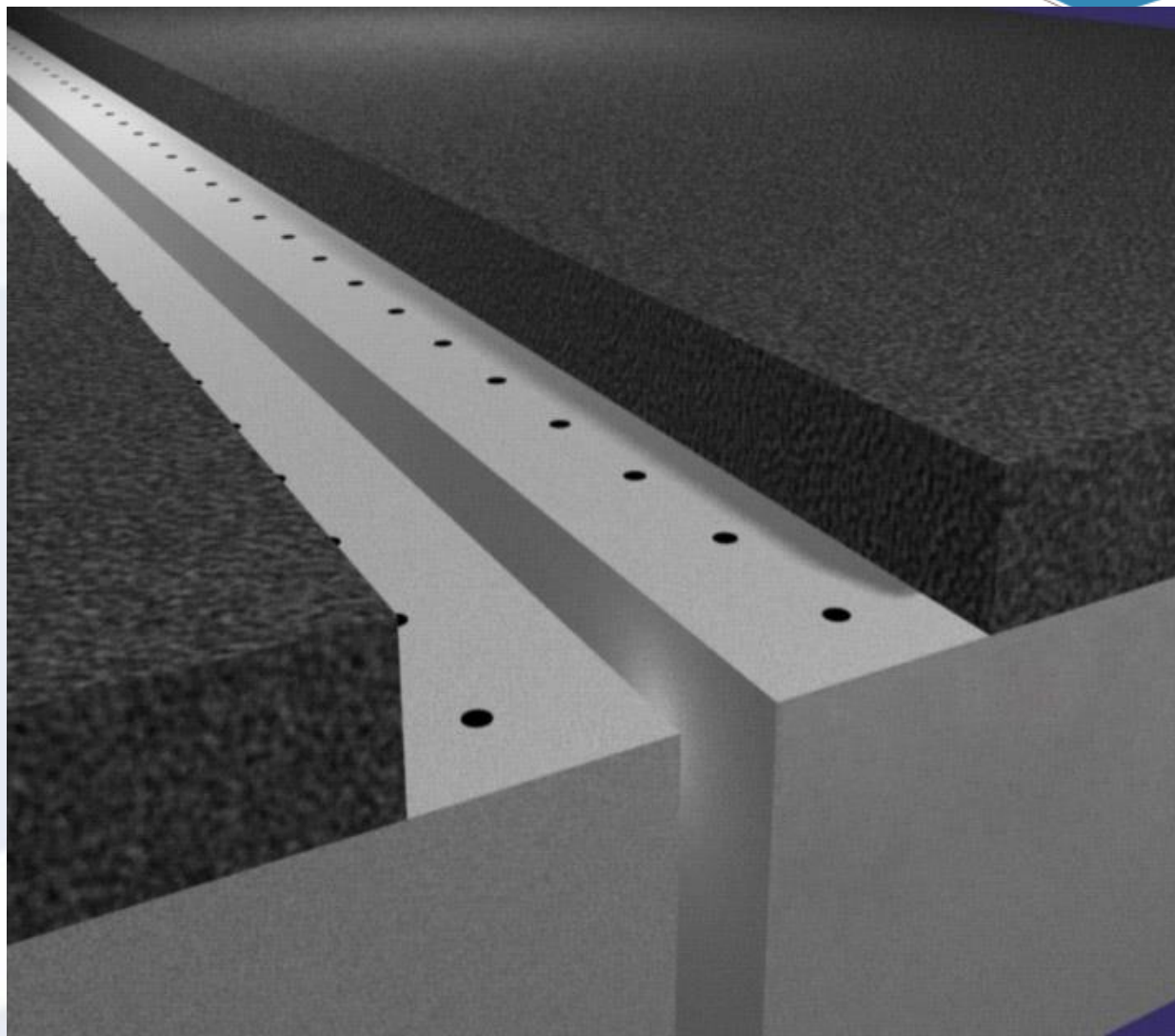






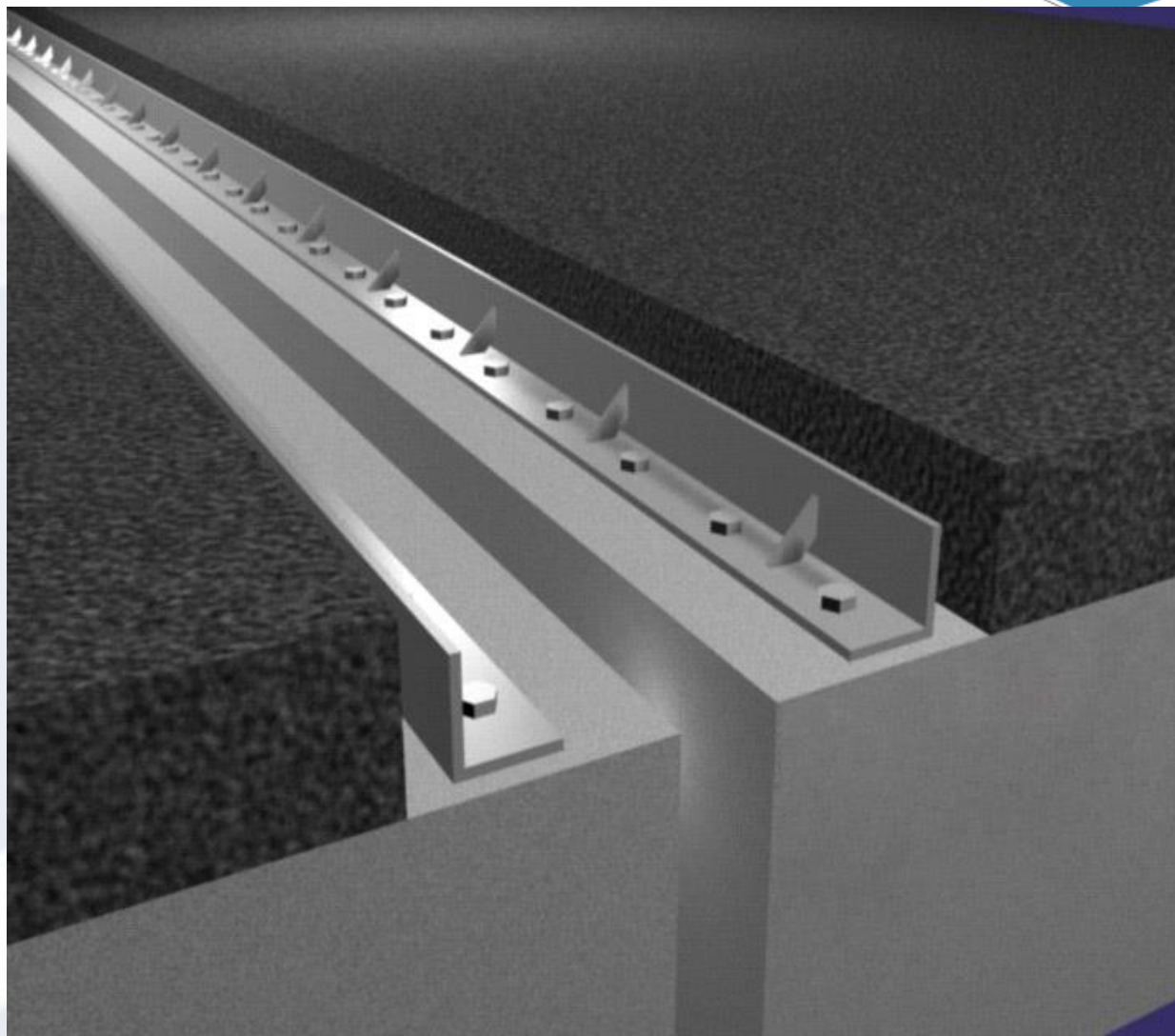
**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

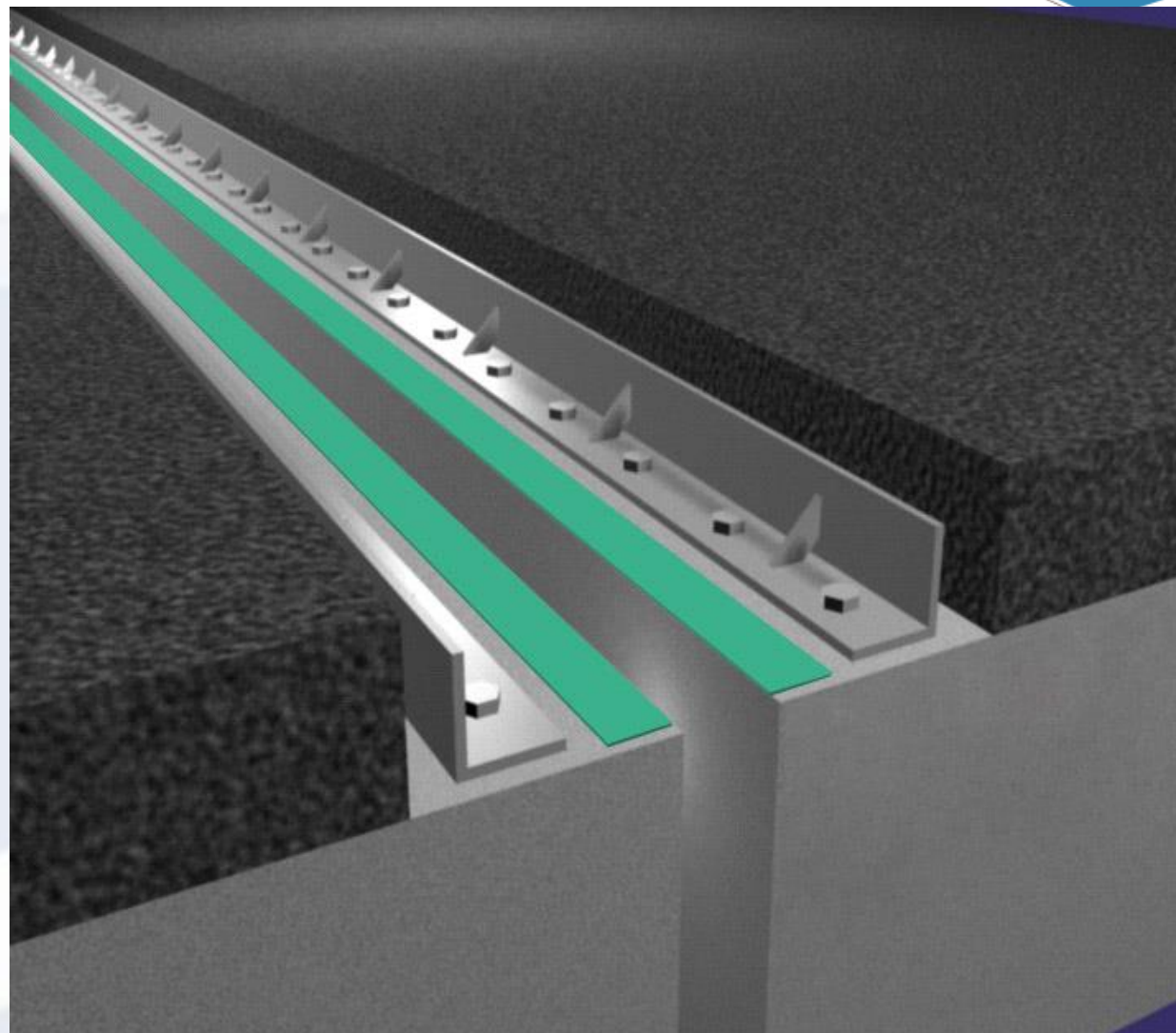


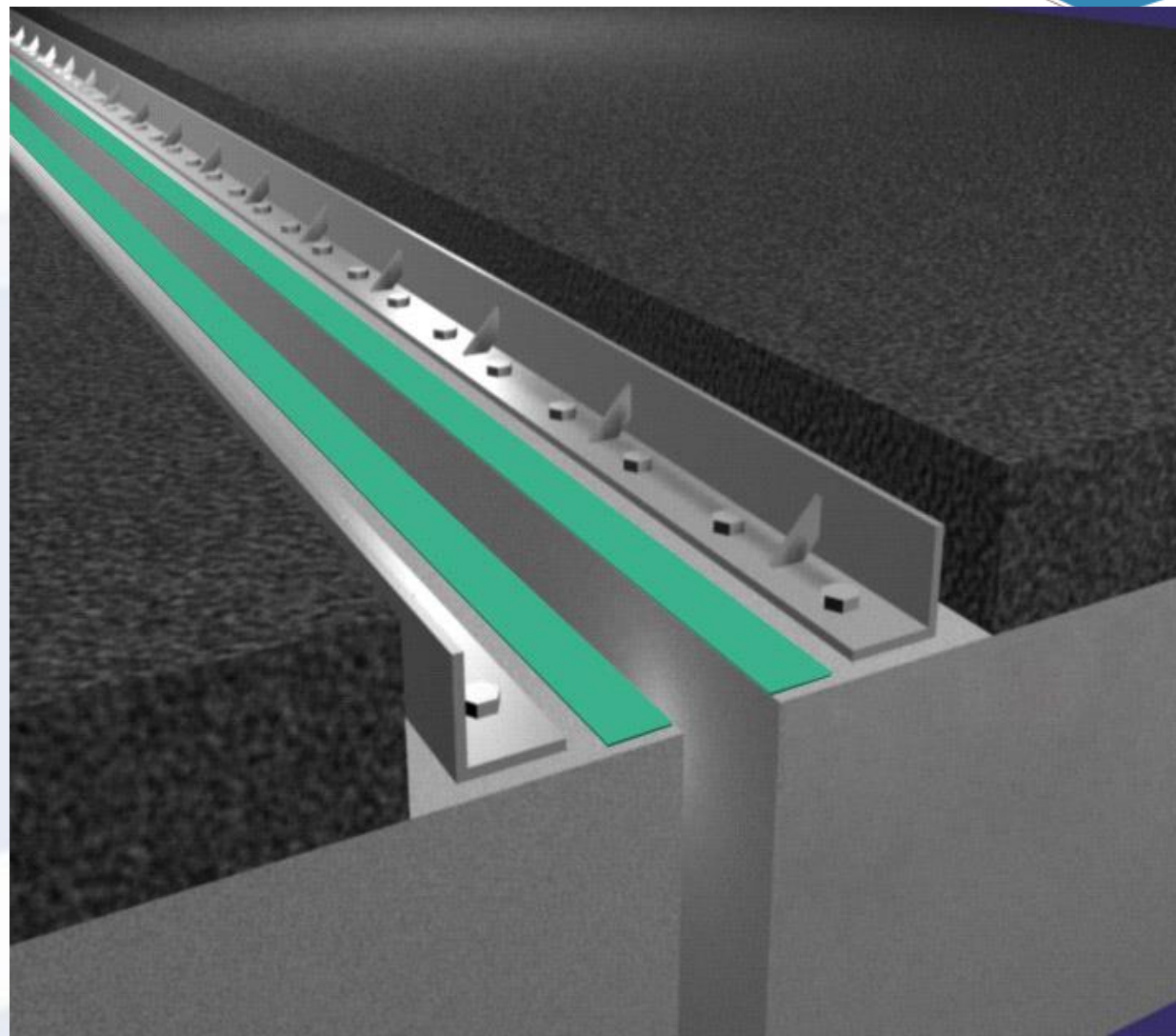


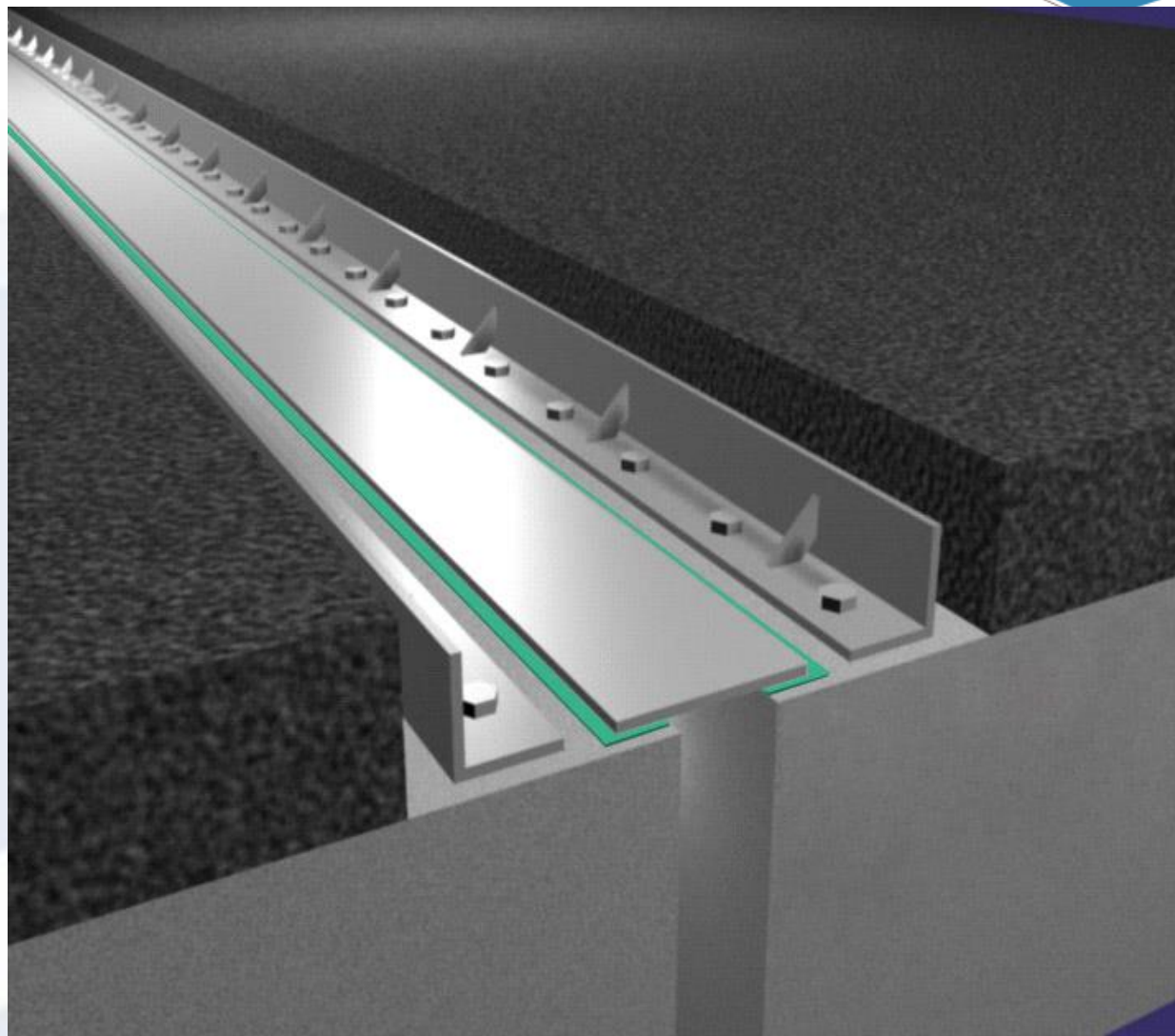


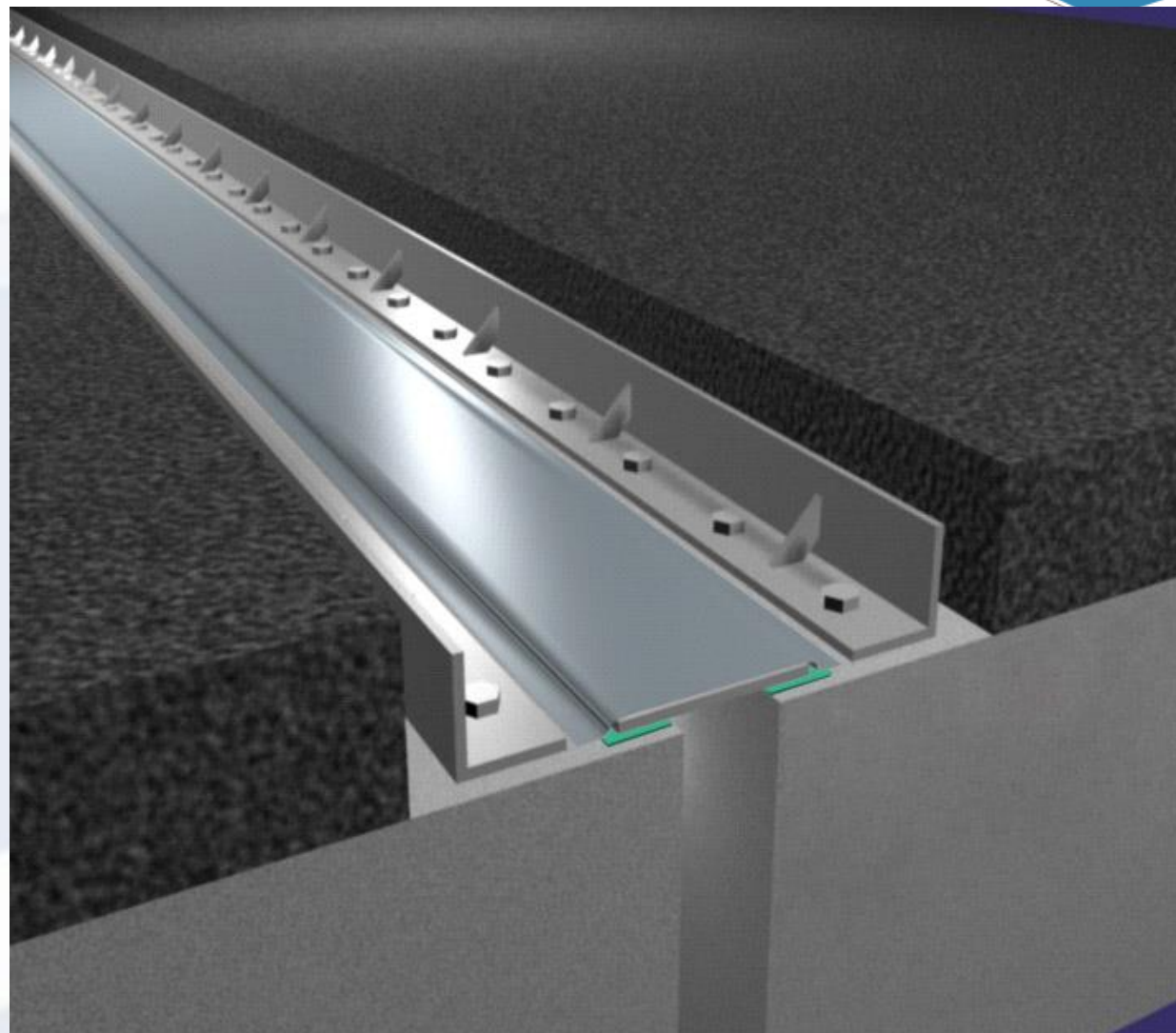
**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

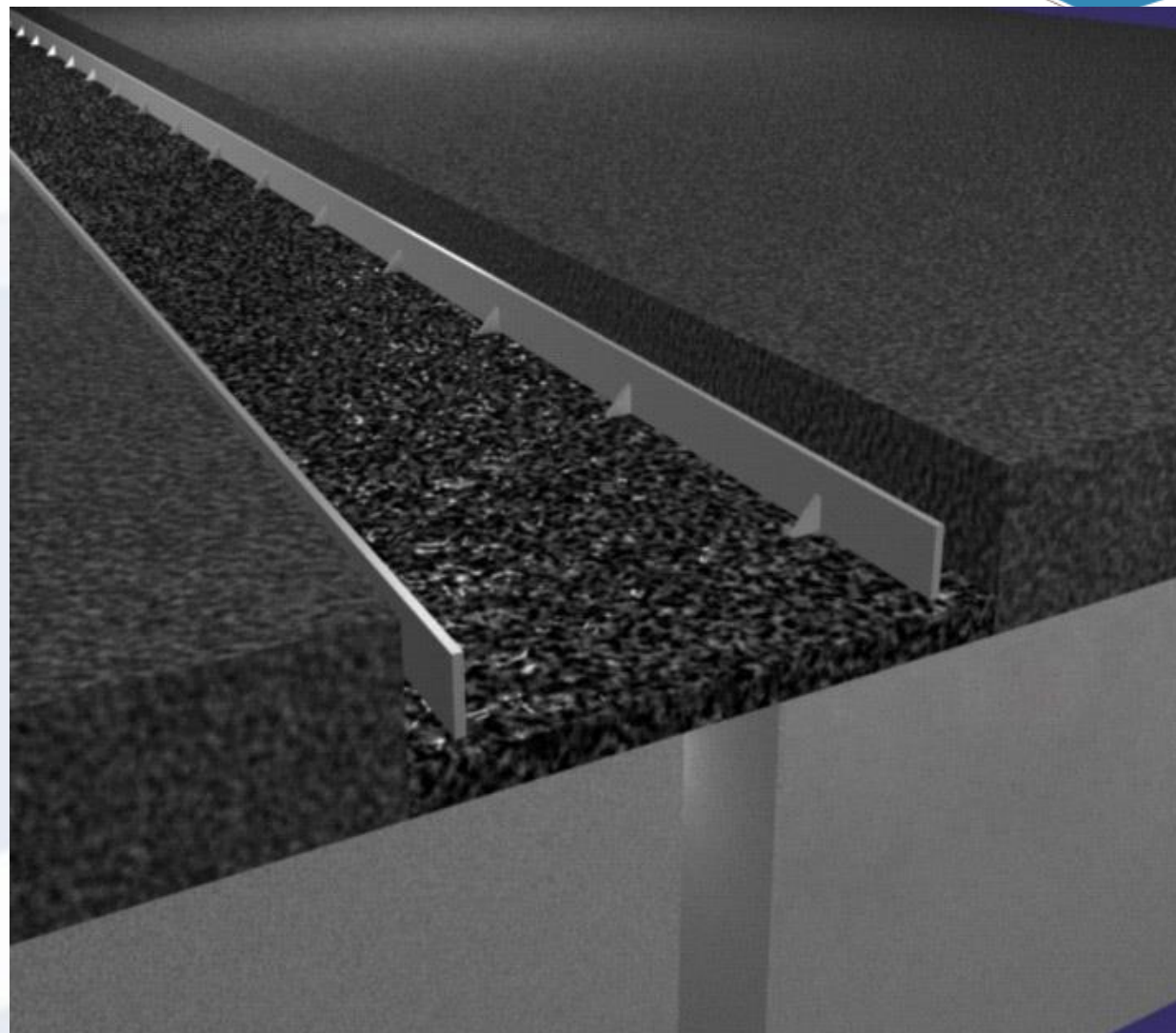


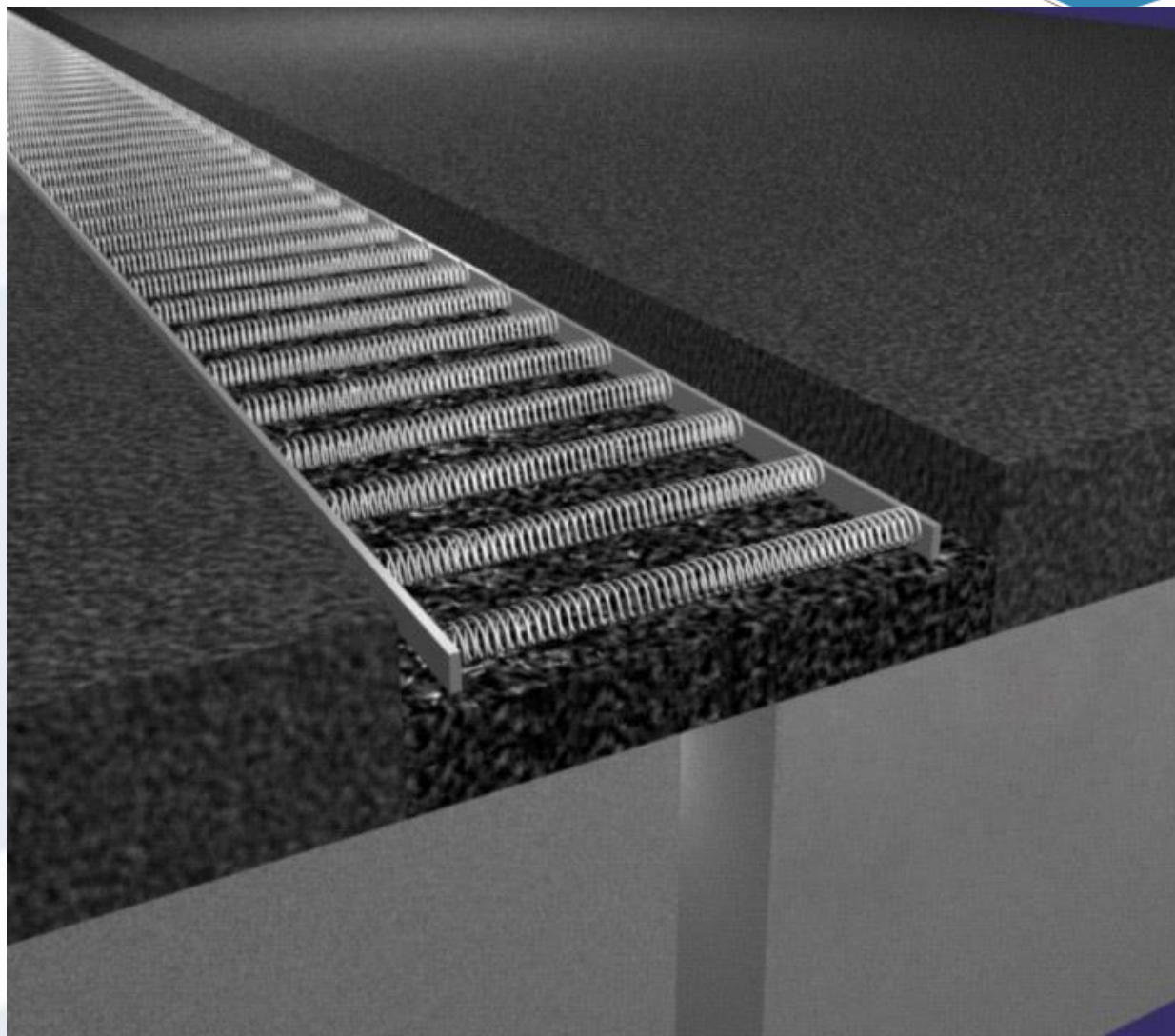


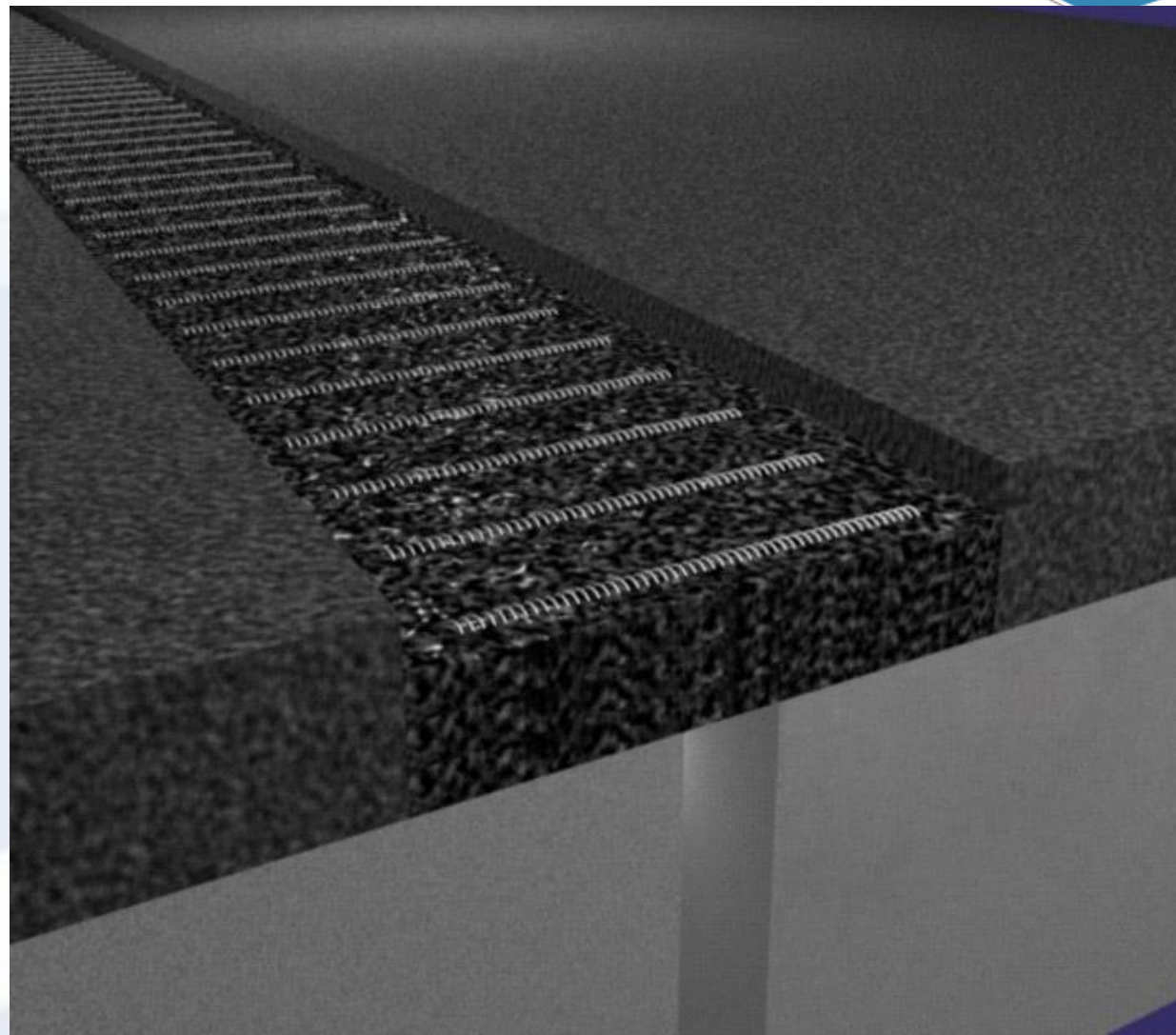


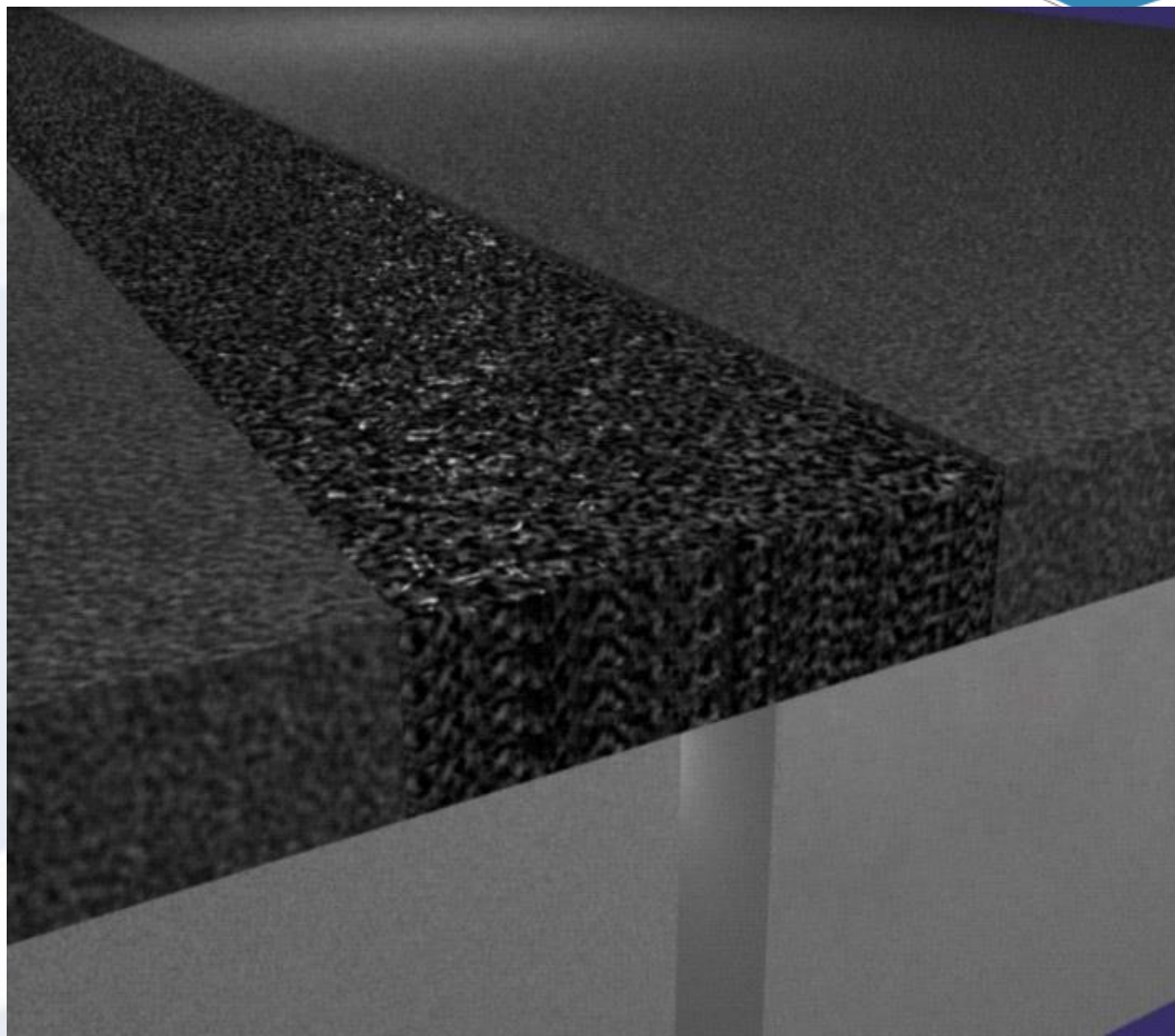






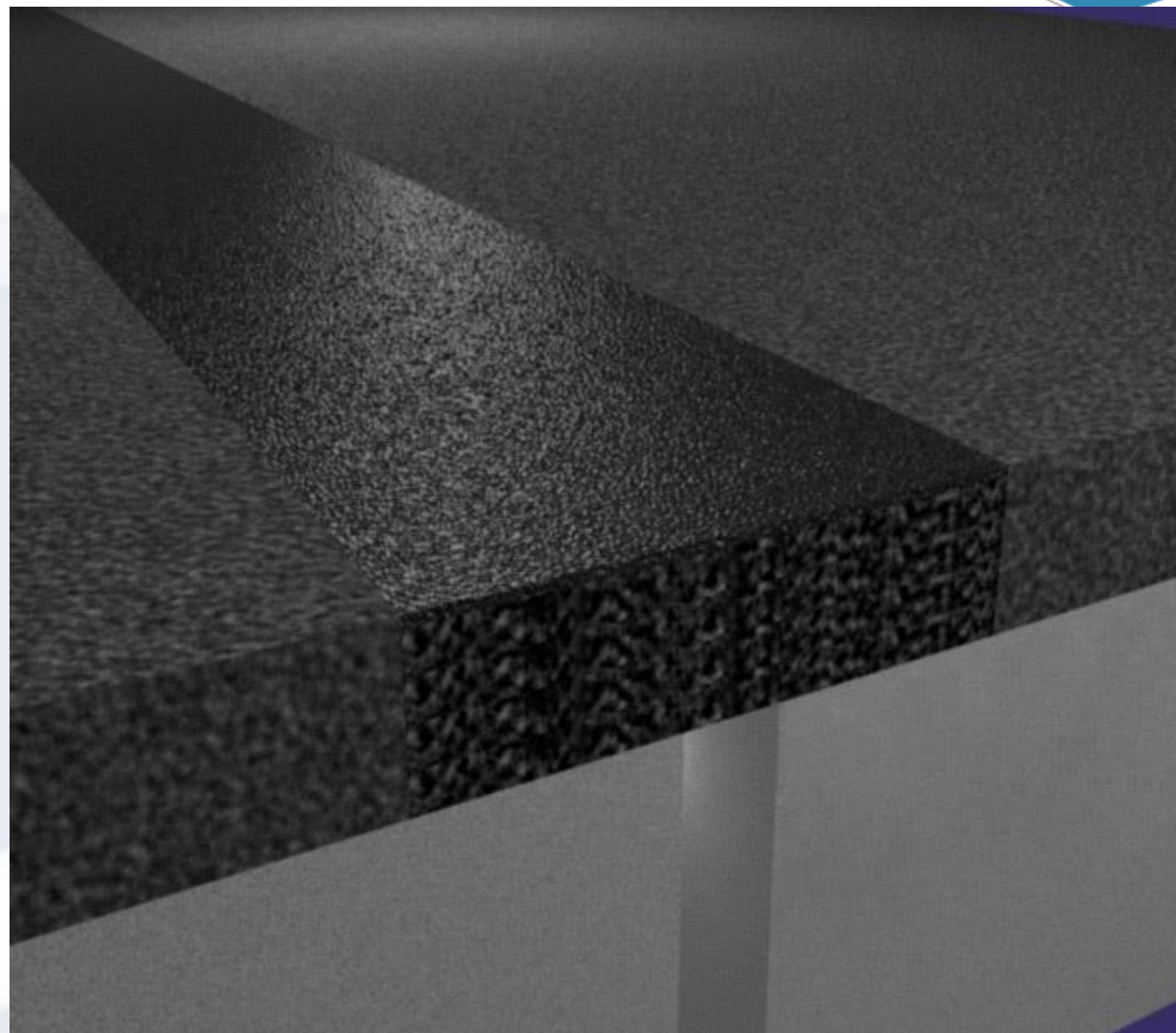








**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

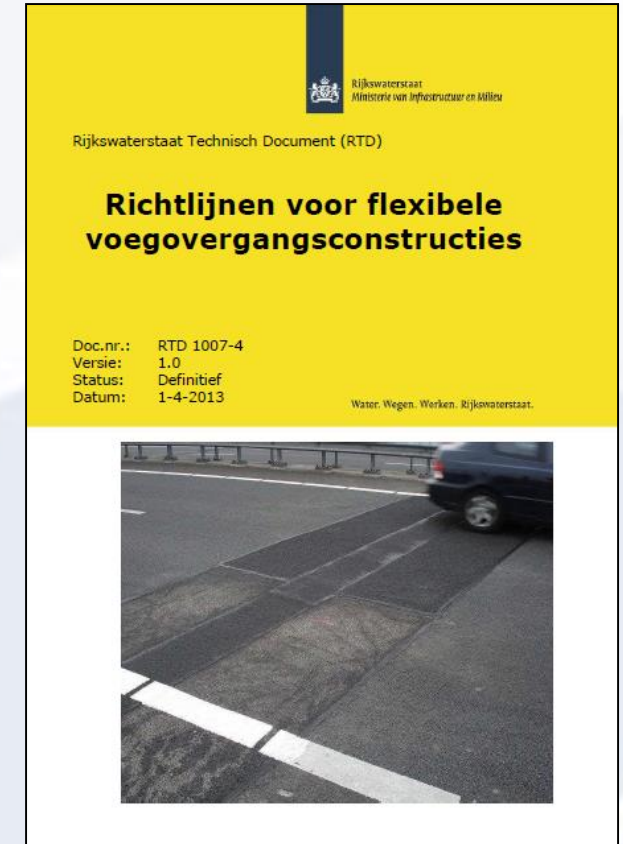


Silent Joint, de stille voeg



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Systemen:
 - Silent Joint 500 → gevalideerd volgens RTD 1007-4
 - Silent Joint 700 → validatie bijna afgerond
 - Silent Joint 900 → voorstel toepassing kunststof Silent Joint FLEX
- Eigenschappen:
 - Comfortabel
 - Zeer stil
 - Bewegingopname tot 100mm
 - Lange levensduur
 - Tot 20 jaar voor verkeerscategorie 1 en 2 ($\text{Nobs} \leq 1,0 \times 10^6$)
 - Meer dan 25 jaar voor verkeerscategorie 2 t/m 4 ($\text{Nobs} \leq 0,5 \times 10^6$)



Silent Joint, de stille voeg



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- Dilatatiecapaciteit:

Capaciteit	Silent Joint 500	Silent Joint 700
X-as	+ 32,5 / -17,5 mm	+ 46 / - 24 mm
Y-as	+ 25 / - 25 mm	> + 25 / > - 25 mm
Z-as	+ 10 mm	+ 10 mm

- Hoogfrequente beweging, toelaatbare dynamische amplitude: 0 – 2 mm (1Hz, -20°C)
- Weerstand dwarsonvlakheid uit MMLS-proef: < 8mm t.b.v. verkeerscategorie 1
- Inbouwtijd en -omstandigheden:
 - Ca. 15 m per dag (ex. betonreparatie)
 - Inbouwtemperatuur tussen 5 – 35°C
 - Bij lichte neerslag wordt een tent geplaatst

Silent Joint, Beheer en Onderhoud



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Binnen de levenscyclus van de Silent Joint zijn onderstaande onderhoudsmaatregelen mogelijk:

1. Vervangen / bijwerken oppervlakbehandeling
(verbeteren stroefheid)
2. Vervangen toplaag
(bij vervanging aansluitende asfaltdeklaag 1^e en 3^e asfaltvervangingscyclus)
3. Vervangen voegvulmassa met behoud van hoekprofielen en ankers
(bij vervanging aansluitende asfaltdeklaag 2^e asfaltvervangingscyclus)
4. Vervangen gehele of gedeeltelijke voegovergang
(Bij de 4^e vervangingscyclus van het asfalt wordt de complete voegovergang verwijderd en vervangen)

Ontwikkeling Silent Joint Flex



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Ontwikkeling van Silent Joint Flex is inmiddels een feit:

PU-voeg op basis van het systeem van de Silent Joint → kruising tussen familie 4.1b en 4.2

Voordelen:

- Hoogwaardig bindmiddel
 - Compactere voeg
 - of nog hogere dilatatiemogelijkheid
- Koud inbouwen
- Hogere inbouwsnelheid
- Hoge levensduur (meer dan 25 jaar)



Eerst project Silent Joint Flex kunstwerk kruising N391 en N366 (provincie Drenthe)



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

TENSA®POLYFLEX® Advanced PU Concept 4.2

UITDAGINGEN



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- **Duurzamer** ✓
grotere ontwerplevensduur
geen plastische vervorming

Geen spoorvorming na 30'000 herhalingen bij +60°C



Vervorming 0,5mm, geen schade, volledig elastisch herstel



UITDAGINGEN



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

➤ Reduceren temperatuur gevoeligheid ✓

afname fluctuatie stijfheid

vergroten toepasbaarheid (-40°C tot +60°C)



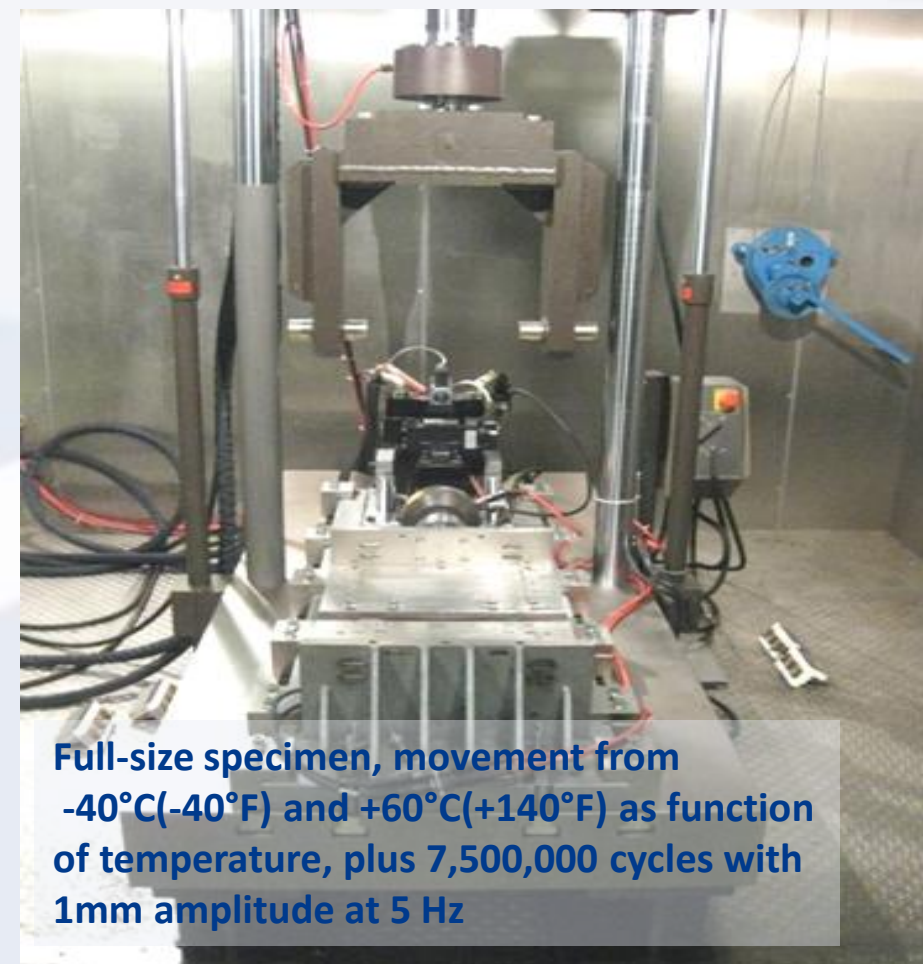
UITDAGINGEN



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

➤ Vergroten capaciteit ✓

Type	Totaal [mm]	Rek [mm]	Druk [mm]
PA15	15	10	5
PA20	20	13	7
PA30	30	20	10
PA40	40	26	14
PA50	50	33	17
PA60	60	40	20
PA75	75	50	25
PA80	80	53	27
PA90	90	60	30
PA100	100	66	34
PA120	120	80	40
PA135	135	90	45



Full-size specimen, movement from
-40°C(-40°F) and +60°C(+140°F) as function
of temperature, plus 7,500,000 cycles with
1mm amplitude at 5 Hz

UITDAGINGEN



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

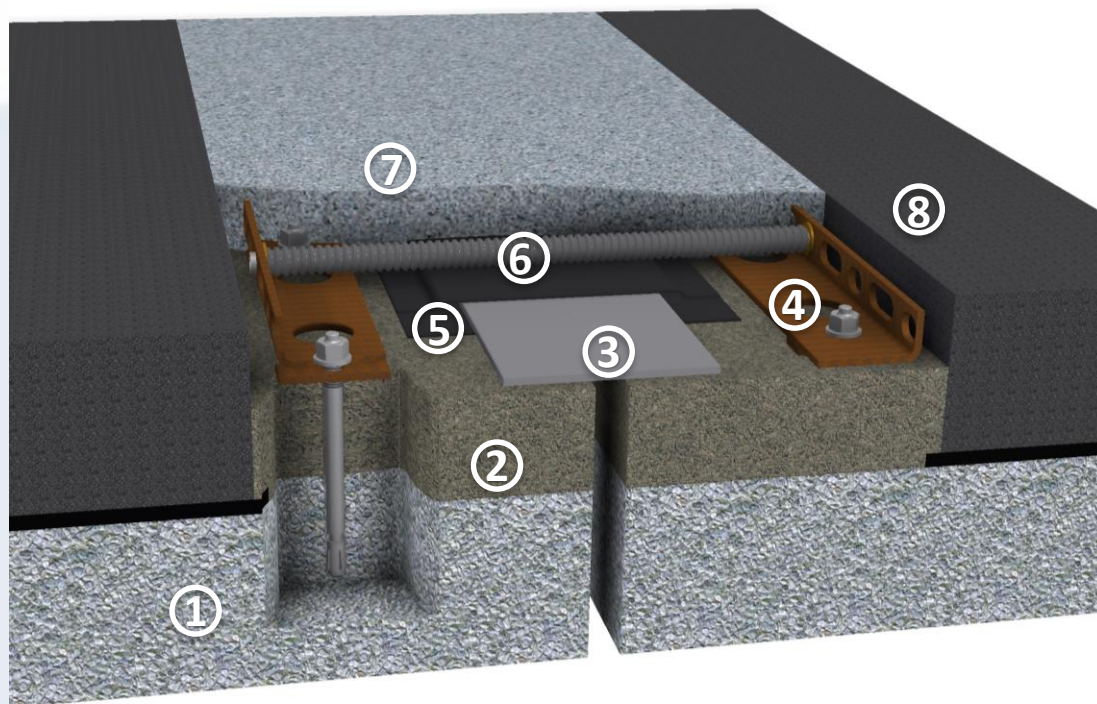
- **Terugdringen applicatie fouten** ✓
2 componenten material
verpakking in mengverhouding
koud gemengd.



TENSA®POLYFLEX®Advanced PU



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



- 1 Kunstwerk
- 2 Onderbouw / uitvullaag
- 3 Afdekplaat
- 4 Geperforeerde hoeklijn
- 5 EPDM slabbe
- 6 Stabilizator (PA60 tot PA135)
- 7 Elastisch PU voegmateriaal
- 8 Wegverharding / overgangsbalk / ribben

Inbouwhoogte:

PA15 t/m PA50: 60mm

PA60 t/m PA135: 70mm

PRESTATIES

Ontwerplevensduur:	15 jaar
Wegcategorie:	Cat 1. ($N_{\text{obs}} 2,0 \cdot 10^6$)
Temperatuursbereik:	-40°C tot +60°C
Verplaatsingscapaciteit:	
Δx :	0 – 135mm
Δy :	30% voor types zonder stabilisatoren (SLS) 15% voor types met stabilisatoren (SLS)
Δz :	3mm (10mm zonder verkeer)
Hoogfrequente beweging:	($7,5 \cdot 10^6$ cycles bij 15°C en $1,8 \cdot 10^5$ bij -40°C)
amplitude:	1mm
frequentie:	5Hz
Maximale kruisingshoek:	60° voor PA60 – PA135, PA15 -50 geen restrictie
Stroefheid:	Rijbaan 70 (initieel, 57 schoen) Voetpad 61 (initieel, 96 schoen)
Maximale opspankracht:	type afhankelijk (11,6 tot 39,2 kN/m)



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



Austrian Institute of Construction Engineering
Schenkenstrasse 4 | T+43 1 533 65 50
1010 Vienna | Austria | F+43 1 533 64 23
www.oib.or.at | mail@oib.or.at



European Technical Assessment

ETA-12/0260
of 02/04/2019

General part

Technical Assessment Body issuing the European Technical Assessment

Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)
Austrian Institute of Construction Engineering

Trade name of the construction product

TENSA POLYFLEX® Advanced PU

Product family to which the construction product belongs

Flexible plug expansion joint for nominal movement capacity of 15 mm – 135 mm

Manufacturer

mageba SA
Solistrasse 68
CH- 8180 Bülach
Switzerland

Manufacturing plant(s)

Comprehensive list of manufacturing plants laid down in technical documentation

This European Technical Assessment contains

30 pages including 20 Annexes which form an integral part of this assessment.

This European Technical Assessment is issued in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, on the basis of

EAD 120011-01-0107 Flexible plug expansion joints for road bridges with flexible filling based on a synthetic polymer as binder

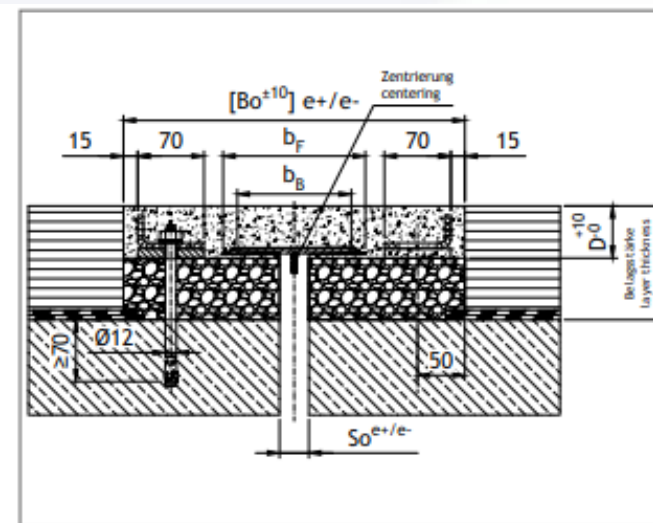
AANDACHTSPUNTEN REALISATIE



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

➤ Dilatatie opening kunstwerk in relatie tot inbouw breedte TENSA®POLYFLEX®Advanced PU

	PA 15 [mm]		PA 20 [mm]		PA 30 [mm]		PA 40 [mm]		PA 50 [mm]		
total movement e	15		20		30		40		50		
movement tension e ⁺	10		13		20		26		33		
movement compression e ⁻	5		7		10		14		17		
thickness D	60		60		60		60		60		
joint width in middle position B ₀	290	330	290	330	330	360	360	390	430	430	460
gap at middle position S ₀	10-36	10-60	12-27	12-67	15-47	15-60	19-36	19-54	22-47	22-77	22-100
bridging element width b _B	80	120	80	120	120	150	120	150	150	180	220
sliding sheet width b _F	80	120	80	120	120	150	150	180	220	220	250
steel angle	70 x 45 x 6										



- Mogelijk excentrische plaatsing noodzakelijk door beperkte breedte frontwand.

AANDACHTSPUNTEN REALISATIE



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

➤ Inbouwhoogte

- types PA15 tot PA50, inbouwhoogte 60mm
- types PA60 tot PA135, inbouwhoogte 70mm

➤ Welk materiaal?

- Vochtgehalte ondergrond $\leq 3\%$
- Minimale druksterkte ondergrond 25N/mm^2
- Minimale hechtsterkte ondergrond $1,5\text{N/mm}^2$



Polymeerbeton uitvullaag

AANDACHTSPUNTEN REALISATIE



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

- **Overgangsbalken tussen voegovergang en aangrenzende verharding.**
 - Altijd bij >6% holle ruimte deklaag
 - Voorkomt schades door spoorvorming
 - Maakt (gedeeltelijke) vervanging asfalt deklaag mogelijk.



AANDACHTSPUNTEN REALISATIE



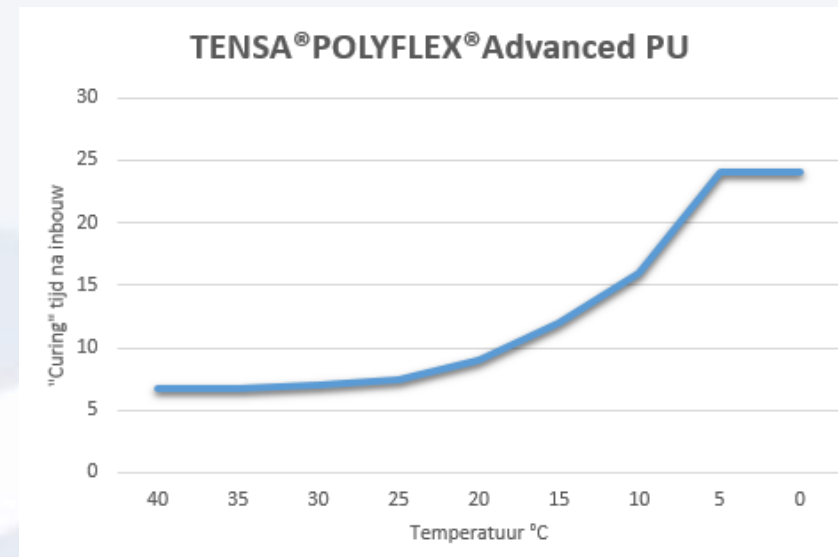
Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

➤ Weersomstandigheden

- Droog weer
- Temperatuur minimal 5°C en
- Temperatuur 3°C boven dauwpunt
- Relatieve luchtvochtigheid maximaal 80%

➤ Curing tijd temperatuursafhankelijk

- 8 uur bij 20°C
- 16 uur bij 10°C





**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

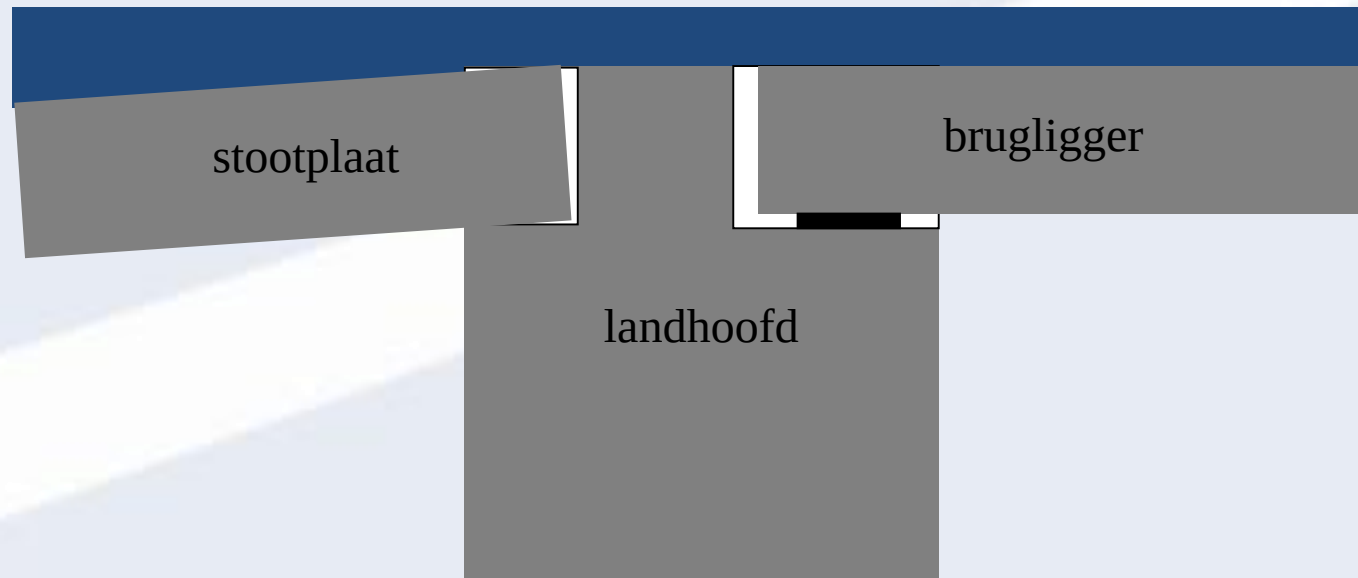
Voegloze voegovergang - BrainJoint



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Buried Reinforced Asphalt Interlayer Noiseless Joint

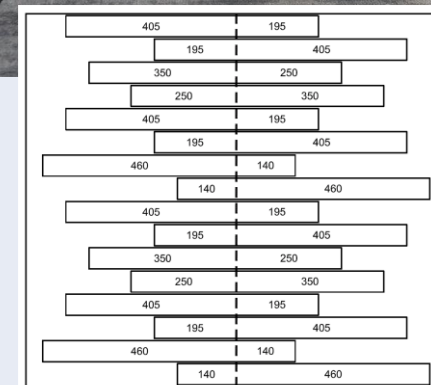
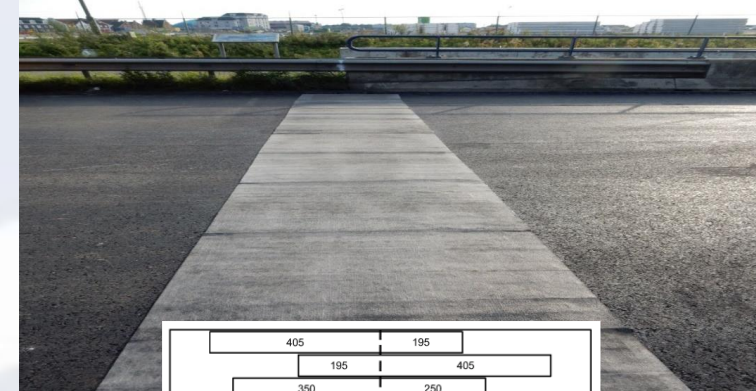
- Familie 5 - Verborgen voegovergangen
- Familie 6 - Integrale voegovergangen



BrainJoint: werkende delen (1)

1. Rekspreidende inlage

- Bitumineus membraan → hechting en waterdichtheid
- Dunne metalen strips → rekverdeling en wapening
- Speciaal patroon → rekspreiding



BrainJoint: werkende delen (2)

2. Flexibel asfalt deklaagmengsel Brugflex

Ontwikkeld voor stalen brugdekken

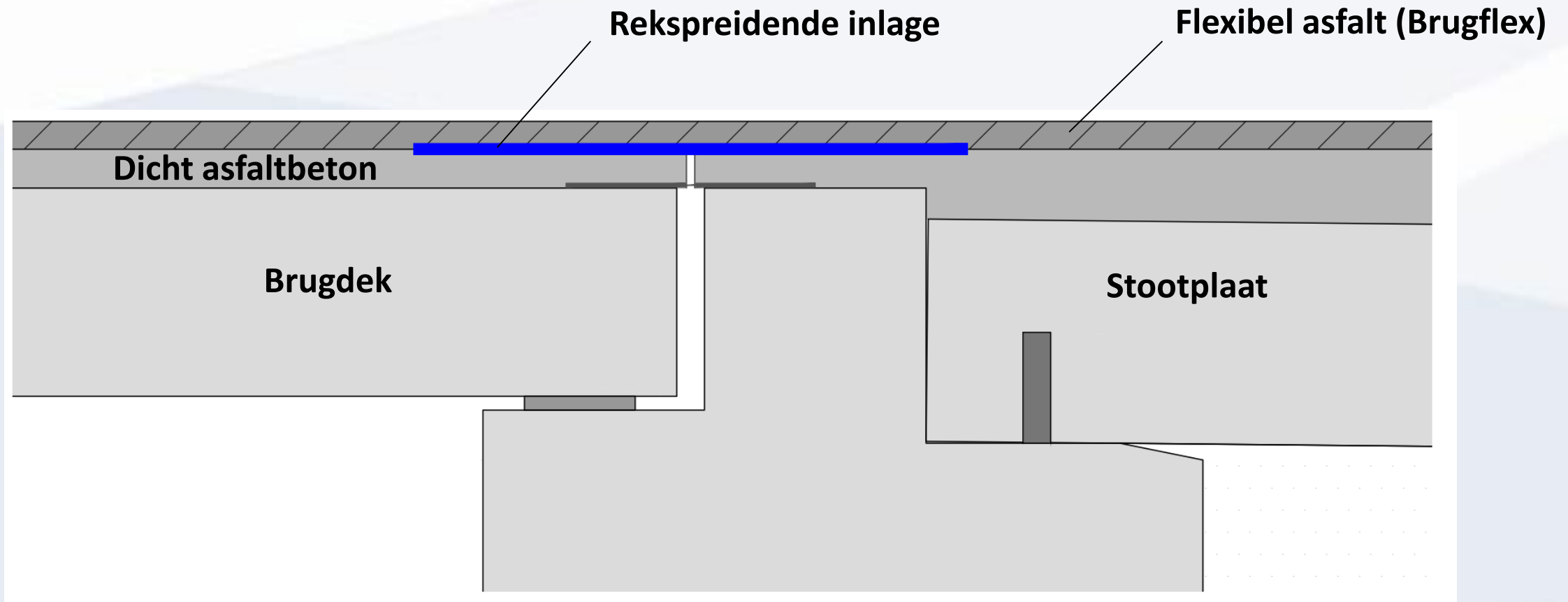
- Steenskelet → Stabiliteit (vertikaal)
- Flexibele mortel → Flexibiliteit (horizontaal)
- Open textuur → Geluidreductie, beschikbaar in alle SMA en (2L) ZOAB soorten



BrainJoint: constructie - opbouw



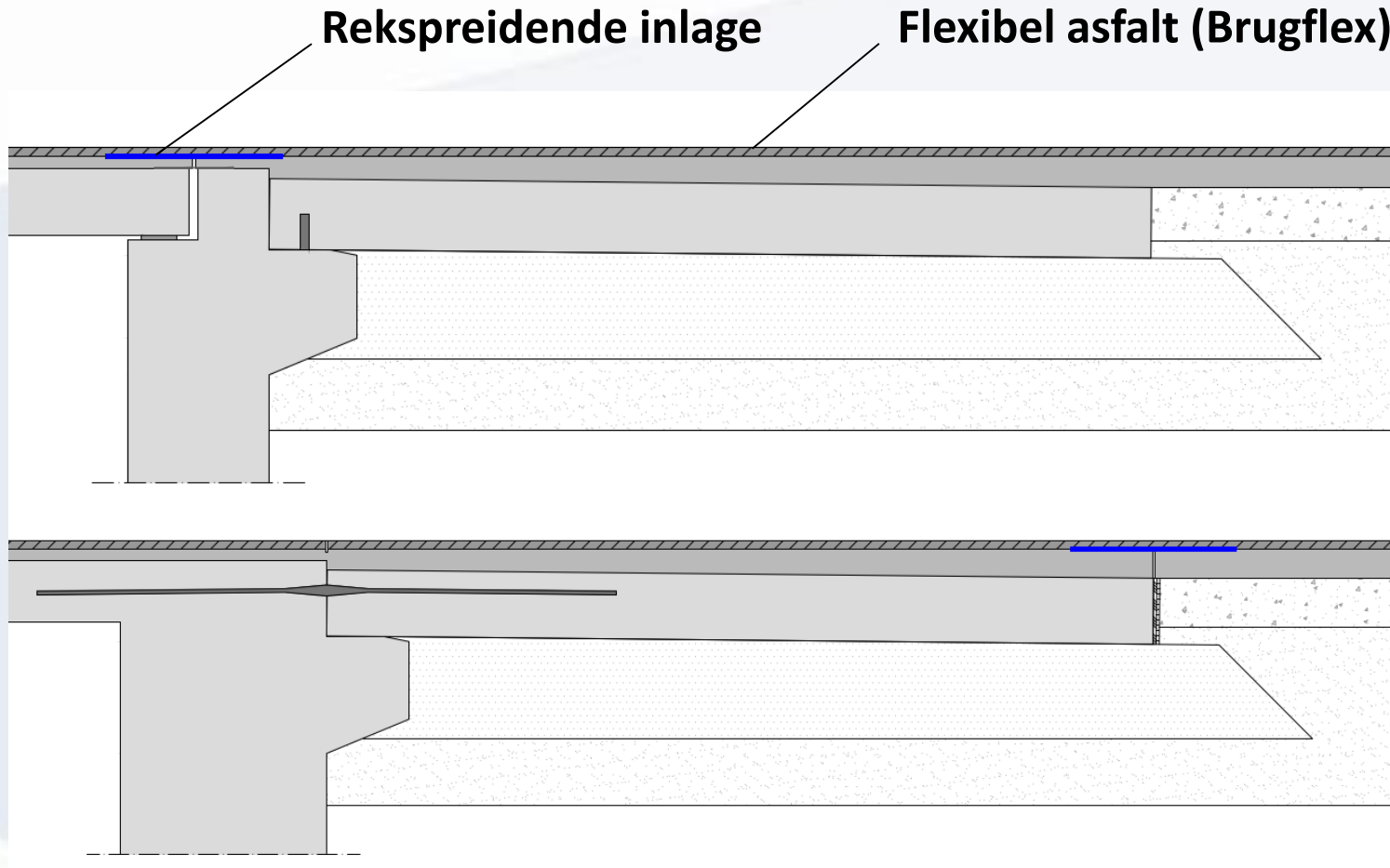
Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



BrainJoint: opbouw - overzicht



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen



**BrainJoint op traditioneel
kunstwerk**

**BrainJoint op integraal
kunstwerk**

Aanbrengen BrainJoint



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

**Aanbrengen
rekspreidende inlage
(kruisingshoek onbeperkt)**



**Aanbrengen
asfaltdeklaag (Brugflex)**



**Schamkant
oplossingen
beschikbaar**

Werkwijze aanleg BrainJoint



Voorbeeld aanleg BrainJoint (hier in een tunnelbak)

- **Leveren en aanbrengen inlagen:**
 - Heijmans
- **Leveren en aanbrengen onderlagen (dichtasfaltbeton of AC Base):**
 - Aannemer X
- **Leveren flexibele deklaag (Brugflex):**
 - Heijmans
- **Aanbrengen en afwerken deklaag**
 - Aannemer X

Eigenschappen BrainJoint



- Stroefheid niet afwijkend van aanliggend wegdek
- Geluidsreductie deklaag overeenkomstig met en naadloos aangesloten aan aanliggende deklagen
- Brugflex in alle (2L) ZOAB typen beschikbaar
- Waterdichtheid door bitumineuze inlage
- Bestand tegen spoorvorming (geen onderbreking constructieopbouw)
- Levensduur BrainJoint = levensduur deklaag
- Weersomstandigheden: als asfalteren mogelijk is
- Geen extra inbouwtijd
- Gevalideerd door RWS voor goed gedefinieerd bewegingsspectrum (zie ontwerp flowchart)

Traditionele kunstwerken

A12 Arnhem



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Aanleg 2012



Inspectie 2018



Integrale kunstwerken



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

N302 Harderwijk

Aanleg 2010



Inspectie 2018



Werkingprincipe BrainJoint



- Voegbewegingen worden door de stalen stripjes gespreid
- Gespreide bewegingen worden in de flexibele Brugflex deklaag opgenomen
- Markering laat zien waar en hoe de BrainJoint werkt

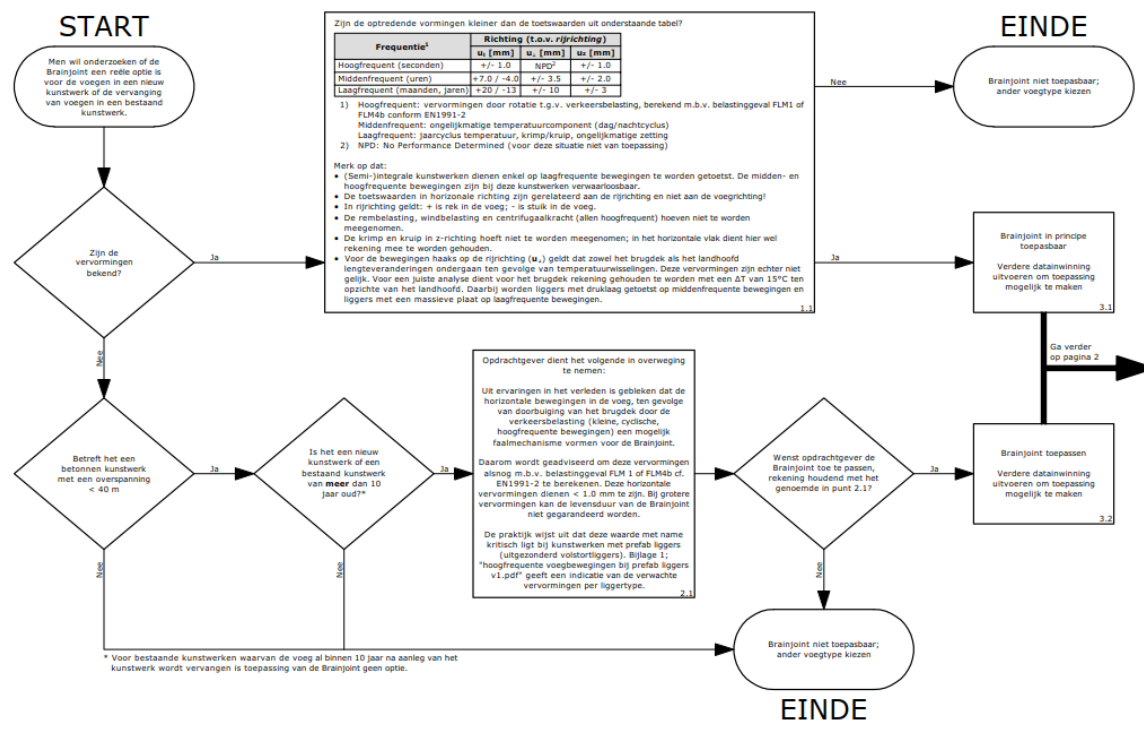
Flowchart ontwerp BrainJoint



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

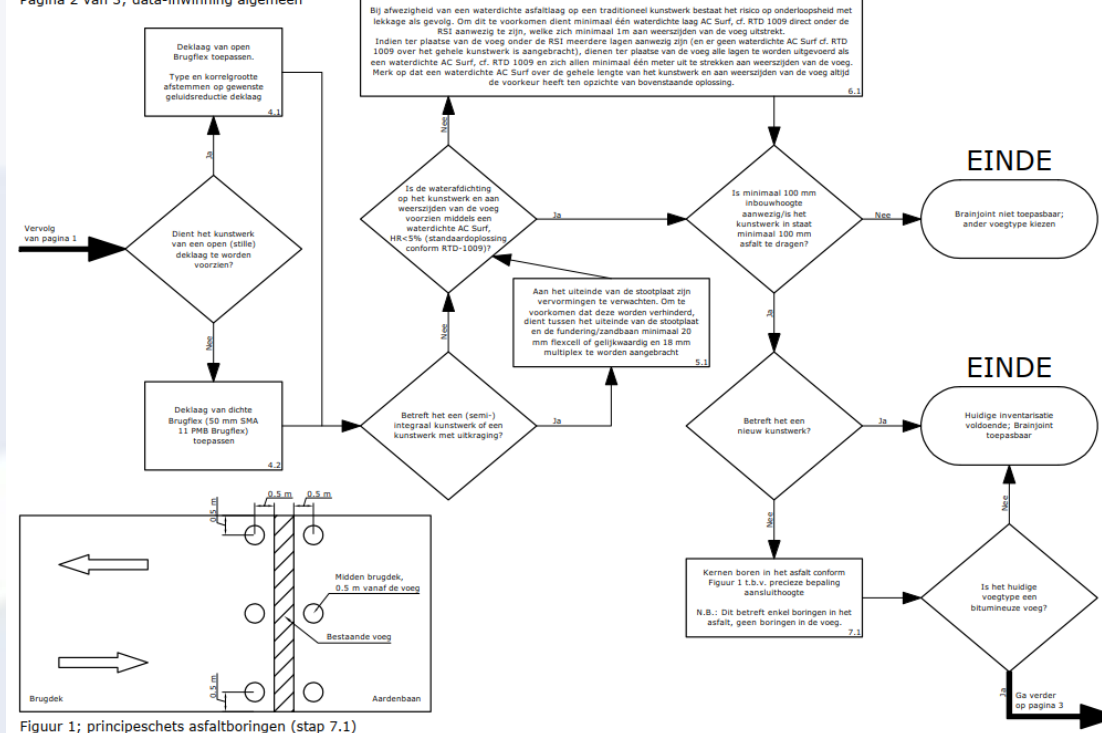
Flowchart toepassing Brainjoint, versie 2.0 - 03-05-2019

Pagina 1 van 3; toepasbaarheid



Flowchart toepassing Brainjoint, versie 2.0 - 03-05-2019

Pagina 2 van 3; data-inwinning algemeen



Gevalideerde bewegingscapaciteit



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Frequentie ¹	Richting (t.o.v. rijrichting)		
	$u_{\parallel}$ [mm]	$u_{\perp}$ [mm]	u_z [mm]
Hoogfrequent (seconden)	+/- 1.0	NPD ²	+/- 1.0
Middenfrequent (uren)	+7.0 / -4.0	+/- 3.5	+/- 2.0
Laagfrequent (maanden, jaren)	+20 / -13	+/- 10	+/- 3

- 1) Hoogfrequent: vervormingen door rotatie t.g.v. verkeersbelasting, berekend m.b.v. belastinggeval FLM1 of FLM4b conform EN1991-2
Middenfrequent: ongelijkmatige temperatuurcomponent (dag/nachtcyclus)
Laagfrequent: jaarcyclus temperatuur, krimp/kruip, ongelijkmatige zetting
- 2) NPD: No Performance Determined (voor deze situatie niet van toepassing)

- Rembelasting en windbelasting hebben geen invloed op de BrainJoint

Inspectieformulier BrainJoint

VI Brainjoint: grenswaarden schadebeelden

versie 22 februari 2012

Verhardings- kenmerk	BJ ID#	Schade	Enst			Beschrijving	bijzonderheden bij beoordeling
			L	M	E		
Textuur	BJ01	Rafeling					
		Rafeling niet-ZOAB deklaag [m²]	hier en daar mortel uit oppervlak en/of af en toe een steentje weg	meer dan af en toe een steentje weg en/of de eerste steenlaag is duidelijk uitgereden	grotere plekken uit oppervlak verdwenen en/of de tweede steenlaag is uitgereden	Ernst bepalen per per maatgevende m² (% steenverlies) Omvangscategorieën [als % lengte van wegvak]: Gering = <15%; Beperkt = 15 % - 25 %; > 25 %.	niet: in kantstrook/ lichte rafeling/ verdwijnen strooilaag alleen: bij steenfracties > 2 mm
	Rafeling ZOAB [%/m²]	6 - 10	11 - 20	> 20		niet: in kantstrook	
	BJ02	Vet (asfaltbeton) [m²]	x	deels	niet	Uitsteken van stenen boven de bitumenspiegel; omvang als % van wegvak	er is een duidelijke bitumenspiegel aanwezig
Vlakheid	BJ03	Dwarsonvlakheid [m¹/100m¹] (rijspoor diepte)	≤ 14	15 t/m 17	≥ 18	mm hoogteverschil Indien in beide sporen: 1x beoordelen (max. dus 100m¹ per 100m¹)	niet: samen met langsscheuren / kantstrook alleen: indien langer dan 5m aaneengesloten rijbaan op grens twee inspectiestroken: 2x beoordelen alleen: indien < 5m² Ook a.g.v. DS, DL en BW (alleen bij hinder en gevaar)
	BJ04	Oneffenheden [st/100m¹]	5 - 15	15 - 30	> 30	Ernst in mm hoogteverschil	
Samenhang	BJ05	Scheurvorming					
		Langsscheuren					
		scheurwijdte [mm]	< 3	3 t/m 20	> 20	Omvangscategorieën [als % van wegvak]:	
		hoogteverschil [mm]	< 2	2 t/m 10	> 10	Gering <10% ; Beperkt 10 % t/m 30 % ; Groot > 30 %.	
	Craquelé	scheuren niet verbonden	scheuren verbonden zonder losse elementen	scheuren verbonden met losse elementen			
Kantstrook	BJ06	Randschade	licht	matig	ernstig	mate van afzonderlijke schades	max. 200m¹ randschade per 100m¹
	BJ07	Kantopsluiting	vermindering	aanzienlijke vermindering	onvoldoende	steun kantopsluiting	max. 200m¹ kantopsluiting per 100m¹
			x	x	verdwenen	kantopsluiting	omvang > 15m¹ afronden op veelvoud van 5m¹
Diversen	BJ08	Dwarsscheuren & Dwarsslasen					[Dwarsslasen / Dwarssnaden]
		scheurwijdte [mm]	< 3	3 t/m 20	> 20	Omvangscategorieën [stuks per wegvak]:	
		hoogteverschil [mm]	< 2	2 t/m 10	> 10	Gering <3; Beperkt 3 t/m 7; Groot > 7	
	BJ09	Langsscheuren & Langsnaden					
		'scheurwijdte' [mm]	< 3	3 t/m 20	> 20	Omvang lengte schade [m] per wegvak	
		hoogteverschil [mm]	< 2	2 t/m 10	> 10		
	BJ10	Gaten [st/100m¹]	< 15	15 - 40	>= 40	Ernst in mm diepteverschil	Omvang per gat = groter dan 50 x 50mm²
	BJ11	Afwatering [%]	5 - 10	10 - 20	>= 20	% verwachte plasvorming	geen notatie omvang
	BJ12	Zetting [m]	< 0,20	0,20 - 0,40	> 0,40	m hoogteverschil relatief tov object vlakbij	geen notatie omvang
	BJ13	Reparaties [%]				% van oppervlakte van wegvak	geen beoordeling op ernst
	BJ14	Hechting membraan				Aleen ter plaatse van schampkanten	Geen classificatie, maar omschrijving van waarneming
	BJ15	Lekkage (onderzijde brugdek)				Aleen ter plaatse van de voeg	Geen classificatie, maar omschrijving van waarneming
AI = aansluiting inspectieput			PV = plaatselijke verzakking				
AK = aansluiting kunstwerk			DS = Dwarsscheur;				
BW = boomwortels			DL = Dwarsslas				
BP = bezweken plek (s) RV = ribbelvorming							

Onderhoud/reparatie:

→ Normale deklaag
onderhoudstechnieken
kunnen worden
toegepast



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

Overgangsconstructie voor (semi-)integrale kunstwerken en tunnelbakken (de Ooms-voeg)

Jeroen Schrader
Arian de Bondt



Probleem (uitdaging)

In 1999 kreeg Ooms de vraag van Wim de Bruijn van de Bouwdienst van RWS:





Integraalviaduct (Wikipedia)

Een viaduct waarbij het rijdek monoliet is verbonden aan de onderliggende constructie.
(Geen landhoofd en dus ook geen voeg tussen landhoofd en rijdek).

Voordelen:

- Minder onderhoud, dus minder onderhoudskosten.
- Minder onderhoud, dus minder toekomstige stremmingen voor het verkeer.
- Minder corrosieschade aan naast- en ondergelegen constructieonderdelen.
- Kleiner veldmoment, waardoor een lagere constructiehoogte nodig is (gewichtsreductie).

Nadelen (op te lossen tijdens ontwerpfase):

- Grote invloed door temperatuurbelasting.
- Grote invloed van tijdsafhankelijk materiaalgedrag (krimp en kruip).
- Grote invloed van (ongelijkmatige) zettingen van de ondergrond.
- Cyclische uitzettingen en inkrimpingen door ΔT zorgen voor grotere horizontale gronddruk.



Strukton
Civiel



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



kennisplatform
CROW

PVO wordt gefaciliteerd door CROW, non-profit kennispartner voor (decentrale) overheden, aannemers en adviesbureaus.



Eisen oplossing:

- Geen aantasting van de functionaliteit van het (geluidsarme) wegdek.
- Snel te realiseren en voor een voldoende geschoolde aannemer maakbaar.
- Hoog comfortniveau voor de weggebruiker.
- Onderhoudsvrij voor 50 jaar (gelijk aan brug).
- Geen lekkage van dooizouten naar de brug.
- Voldoende onderbouwing met berekeningen en metingen ter minimalisatie van het faalrisico.



Strukton
Civiel

Ontwerpproces:



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**



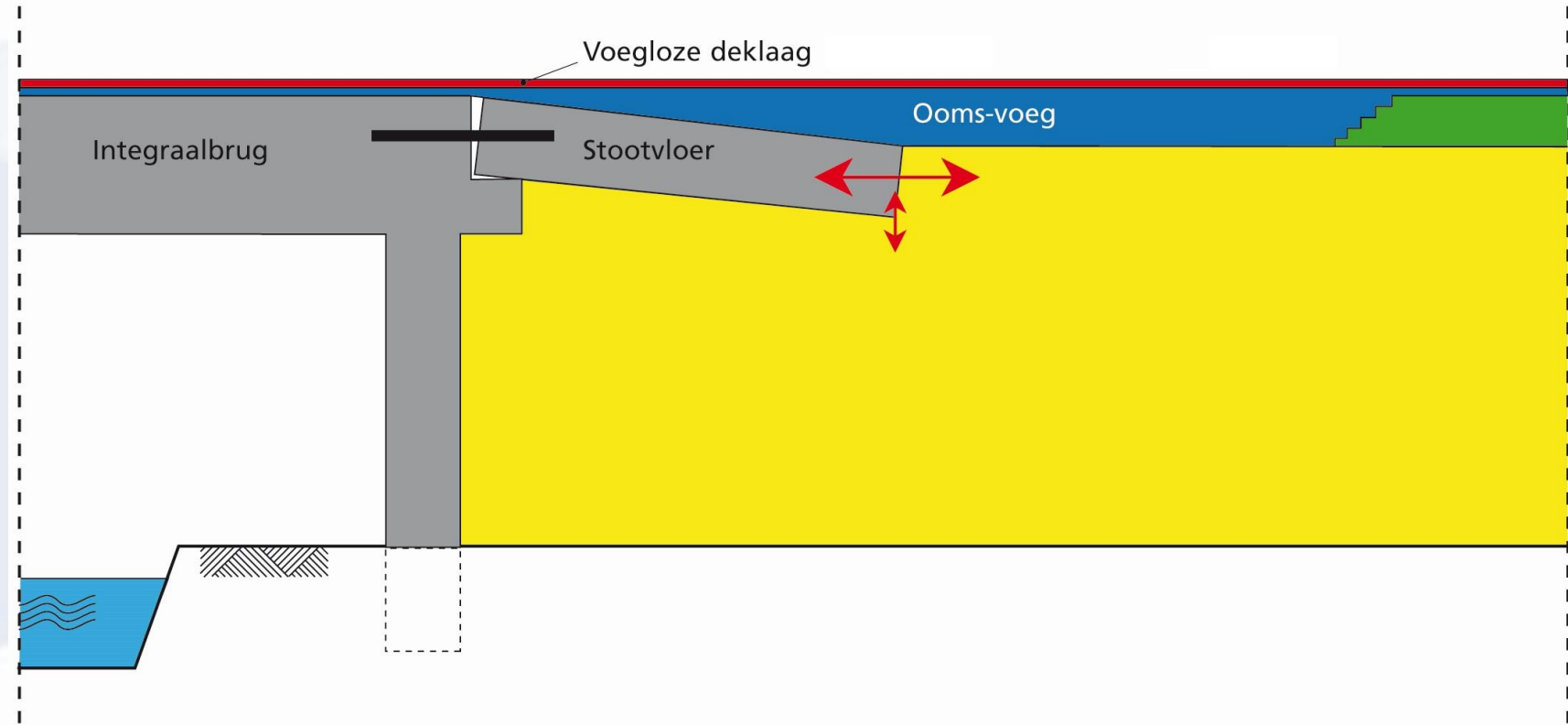
Uitvoeren proefvak/voorbereidingsvak
Thermifalt asfaltonderlaag.

overheden, aannemers en adviesbureaus.



Oplossing: de Ooms-voeg

- Verplaatsingsvaste koppeling tussen brugdek en stootvloer.
- Thermifalt onderlagen.
- Sealoflex® polymeer-gemodificeerde tussenlagen.
- Glasvezel-asfaltwapening.
- Vrij te kiezen asfaltdeklaag.
- Dilatatiecapaciteit:
 - $\Delta x = \pm 15 \text{ mm}$
 - $\Delta y = \pm 3 \text{ mm}$
 - $\Delta z = \pm 3 \text{ mm}$
- Inbouwtijd: maximaal 1 week





Uitvoering sinds 2003:

- Ooms-voeg is bij integraalviaducten uitgevoerd op ca. 30 projectlocaties.
- Veelal als onderaannemer bij concullega-bedrijven.
- Alle voegconstructies zijn nog vrij van reflectiescheuren.
- Bij de eerste voegconstructies is de deklaag reeds probleemloos vervangen (zonder inbreng van Strukton Civiel).
- Strukton Civiel verstrekt **10 jaar garantie** op het Ooms-voegconcept (semi-)integrale kunstwerken. Dit betreft het uitblijven van spoorvorming in de constructie en/of scheurvorming aan het wegdekoppervlak.



Semi-integraalviaduct:

- Semi-integraalviaduct: brugdek en wanden zijn NIET monoliet met elkaar verbonden. Er worden oplegblokken toegepast of er is een apart landhoofd aanwezig.
- Het brugdek en de stootvloer dienen weer wel bewegingsvast aan elkaar gekoppeld te worden.
- De Ooms-voeg is bij 2 semi-integraalviaducten in onderaanneming uitgevoerd: in de A74 bij Venlo en bij Nijmegen.
- Bij Nijmegen is de engineering volledig buiten Strukton om uitgevoerd. Binnen 2 jaar was er scheurvorming bij de overgang brugdek – stootvloer. Uit nader onderzoek bleek dat geen koppeling aangebracht was tussen brugdek en stootvloer 😞
- Sindsdien verlangt Strukton aantoonbaar bewijs (foto's) dat de koppeling tussen brugdek en stootvloer daadwerkelijk is aangebracht en dat het betonnen kunstwerk is uitgevoerd met de details zoals weergegeven in tekening RWS-STOOT-02, RTD 1010 (laatste versie van 11 april 2017).



Strukton
Civiel



**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**

A74, Knooppunt Tiglia bij Venlo



kennisplatform
CROW

PVO wordt gefaciliteerd door CROW, non-profit kennispartner voor (decentrale) overheden, aannemers en adviesbureaus.

Op- en aanmerkingen op tekening RWS-STOOT-02 (RTD 1010):

Wijzigingen op de toepassingstabel op de tekening, gebaseerd op de lange termijnervaringen met de Ooms-voeg.

temperatuurbeweging t.p.v. einde stootvloer zomer - winter per zijde (mm)	minimale dikte totale asfalterpakket (incl. deklaag) (mm)	minimale aantal lagen pos. 15	minimale aantal lagen pos. 14	minimale aantal lagen pos. 9	ankerings- lengte L (m)
< 3	afhankelijk van verkeersbelasting	14	13	8	
< 3	afhankelijk van verkeersbelasting	geen extra voorzieningen			
3 - 9	ca. 200	1	2	1	12
9 - 14	ca. 250	2	2	2	12
14 - 19	ca. 300	2	3	3	12
19 - 22	ca. 350	3	3	4	12
22 - 25	ca. 350	3	3	5	12

f	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
8	ASFALTVERHARDING met wapening	GLASGRID 8501	
9	PLAAT	STAAL	30
10	ANKER (MET BOUT EN SLUITRING)	STAAL	M
11	KLEEF LAAG	EMUFLEX N	0,6
12	GLIJLAAG	SAMISEAL	2,5
13	GEMODIFICEERD WEGVERHARDING	STAB 0/16 MET SFBF-90 BITUMEN	D=
14	GEMODIFICEERD WEGVERHARDING	THERMIFALT	D=
15	SAMEENDRIJBAAR MATERIAAL		D=



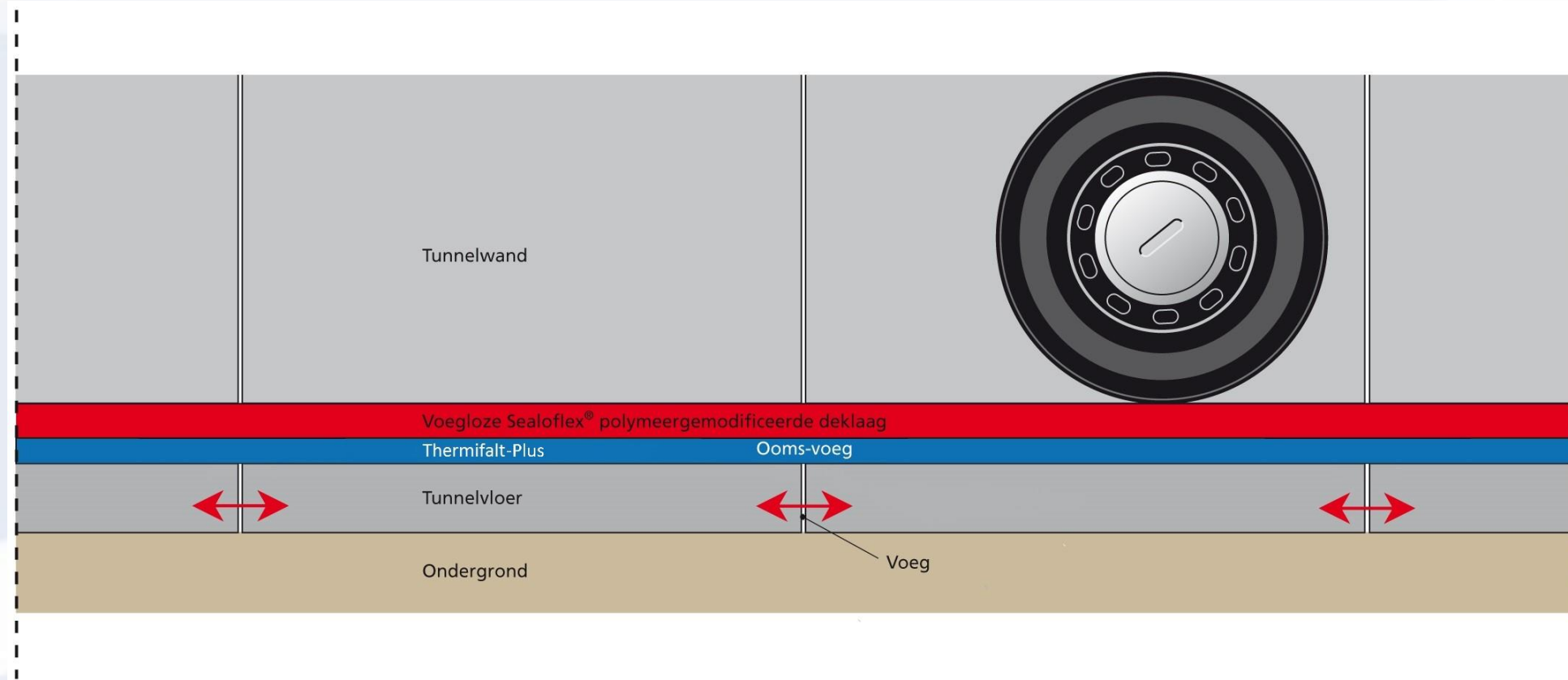
Ooms-voegconcept bij Tunnelbakken:

- Nadat de Ooms-voeg voor de (semi-)integrale kunstwerken succesvol was geïntroduceerd, hebben we onderzocht of het voegconcept in aangepaste vorm ook toepasbaar was bij andere voegovergangen.
- Het voegconcept voor tunnelbakken hebben we sinds 2008 op 4 locaties in Nederland toegepast.
- Toepasbaar bij tunnelmoten tot 25 m.
- Dilatatiecapaciteit:
 - $\Delta x = \pm 7,5 \text{ mm}$
 - $\Delta y = \pm 3 \text{ mm}$
 - $\Delta z = \pm 3 \text{ mm}$
- Inbouwtijd: maximaal 1/2 week



Verschillen t.o.v. voegconcept integraal kunstwerk:

- Slechts 2 lagen asfalt.
- Deklaag is nu wel onderdeel van het voegconcept en dient Sealoflex polymeergemodificeerd te zijn.
- Onderlaag ligt in het spoorvormingsgevoelige gedeelte van de asfaltconstructie: hiervoor is stabiel Thermifalt-Plus ontwikkeld
- Garantieperiode **10 jaar**.





**Platform
Voegovergangen
en Opleggingen**