



**Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw**  
Samen voor duurzame wegen

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947  
Woluwedal 42  
1200 Brussel  
Tel.: 02 775 82 20  
[www.ocw.be](http://www.ocw.be)

Een belangrijk aspect van de duurzaamheid van gietasfalt is de weerstand tegen permanente vervorming onder dynamische belastingen. Deze eigenschap wordt bepaald aan de hand van de uniaxiale cyclische drukproef (UACC) volgens norm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) deel A2. Deze methode is gebaseerd op het uitoefenen van een statische druk in combinatie met een sinusvormige puls en een rustinterval tussen de pulsen.

De uniaxiale cyclische drukproef vervangt in België de spoorvormingsproef, die niet is opgenomen in de Europese productnorm voor gietasfalt NBN EN 13108-6 (NBN, 2016c) of in de Europese norm voor de typekeuring NBN EN 13108-20 (NBN, 2016d). Het gaat om een bijkomende proef voor alle gietasfaltmengsels met een statische indeuking van  $\leq 2,5$  mm bepaald volgens norm NBN EN 12697-20 (NBN, 2020a) voor de indeukingsproef.

De huidige handleiding, die zich richt tot de gietasfaltsector, wil informatie verschaffen over de proef, praktisch advies geven voor het ontwerp en de optimalisatie van gietasfaltmengsels om beter aan de eisen van de proef te voldoen en aanbevelingen geven voor de voorbereiding van proefstukken.

#### ITRD-trefwoorden

0177 – RICHTLIJN ; 0187 – NORM ; 3647 – PRODUCTIE ; 4105 – ZAND ; 4929 – BINDMIDDELGEHALTE ; 4963 – BITUMEN ; 4967 – BITUMINEUS MENGSEL ; 4979 – GIETASFALT ; 5544 – WEERSTAND (MATER) ; 5588 – HERHAALDE BELASTING ; 5595 – DEFORMATIE ; 5925 – KENMERKEN ; 5931 – STIJFHEID ; 5938 – POREUSHEID ; 6251 – MONSTER ; 6288 – PROEFMETHODE ; 6289 – DRUKPROEF ; 6722 – TEMPERATUUR



**Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw**  
Samen voor duurzame wegen

## Handleiding

### Handleiding voor de uniaxiale cyclische drukproef voor gietasfalt



## Aanbevelingen

Sinds 1952 staat OCW (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, informatiebladen, OCW Newsletters en Dossiers, activiteitenverslagen). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: [www.ocw.be](http://www.ocw.be).

Ressorterende en steunende leden kunnen de OCW-publicaties kosteloos digitaal of op papier bestellen. Deze publicatie is enkel elektronisch beschikbaar.

**Meer informatie:**

<https://brrc.be/nl/expertise/publicaties>

**Deze publicatie bestellen**

[publication@brrc.be](mailto:publication@brrc.be) – Tel.: +32 (0)2 766 03 26




Kenmerk: A 104 – Prijs: € 10 (excl. 6 % btw)

### Andere publicaties in de reeks “Aanbevelingen”

Handleidingen (kenmerk A) zijn gericht op de praktijk van het ontwerpen, uitvoeren en onderhouden van wegen. Zij bundelen de bevindingen van werkgroepen die OCW met betrekking tot welbepaalde onderwerpen heeft opgericht.

Kenmerk	Titel	Prijs
A 102	Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies	20,00 €
A 98	Handleiding voor slemlagen	16,00 €
A 96	Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels	20,00 €
A 88/14	Handleiding voor de bescherming van wegconstructies tegen de inwerking van water	18,00 €
A 84/12	Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen + Bijlage (Beslisboom voor onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen)	20,00 €
A 83/12	Handleiding voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van bedekkingen op betonnen brugdekken	32,00 €
A 82/11	Handleiding voor industriële buitenverhardingen in beton	17,00 €
A 81/10	Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen + 4 praktijkgidsen – Verbetering van grond voor de aanvulling van rioolsleuven en de omhulling van buizen – Stabilisatie van grond voor onderfunderingslagen – Verbetering van grond bij grondwerken en voor het baanbed – Behandeling van grond voor funderingen onder bedrijfsvloeren.	26,50 €
A 71/01	Handleiding voor bestrijkingen	10,00 €

### Andere OCW-reeksen

-  Researchverslag
-  Meetmethode
-  Synthese

Handleiding voor de uniaxiale cyclische  
drukproef voor gietasfalt

## Auteur

Annette Gail

## Dankbetuiging

OCW wenst Christian Angst en Liliane Huber van het Zwitserse instituut IMP Bautest AG te bedanken voor hun deelname aan de interlaboratoriumproef en dankt ook de Belgische producenten van gietasfalt voor het ter beschikking stellen van de gietasfaltmengsels. We bedanken ook de OCW-medewerkers, in het bijzonder Lieve Glorie, Olivier Moens en David De Santos Martinez, voor hun bijdrage aan deze handleiding.

Deze handleiding is opgesteld in het kader van het project "Implementatie en validatie van de uniaxiale cyclische drukproef in België – PAN2131", dat gedeeltelijk door de Normenantenne wordt gesubsidieerd. OCW wil deze laatste dan ook bedanken voor de financiële steun.

## Bericht aan de lezer

Hoewel de aanbevelingen van deze handleiding met de grootst mogelijke zorg zijn opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verzamelde en verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld.

**Handleiding voor de uniaxiale cyclische drukproef voor gietasfalt** / Opzoekingscentrum voor de wegenbouw

Brussel: OCW, 2022, 32 blz. (Aanbevelingen, ISSN 1376-9332; A 104).  
Wettelijk depot: D/2022/0690/2

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>2</b>
<b>1. Doel van de handleiding</b>	<b>2</b>
<b>2. Inleiding tot de proef</b>	<b>4</b>
2.1 Historiek van de proef	4
2.2 Vervanging van de spoorvormingsproef	4
<b>3. Beschrijving van de proef</b>	<b>6</b>
3.1 Principe van de uniaxiale cyclische drukproef volgens methode A2	6
3.2 Belastingomstandigheden van methode A2	7
3.3 Beproevingstemperatuur	7
3.4 Proefstukken	8
3.4.1 Gegoten proefstukken	8
3.4.2 Proefstukken bemonsterd door kernboring	8
3.5 Resultaten	8
3.5.1 Impact van de productietemperatuur van gietasfalt	9
<b>4. Voorschriften</b>	<b>12</b>
4.1 Herhaalbaarheid	12
<b>5. Invloed van de samenstelling van een gietasfaltmengsel op het resultaat van de uniaxiale cyclische drukproef</b>	<b>14</b>
5.1 Bitumengehalte	14
5.2 Invloed van het zand	15
5.3 Gebruik van additieven	16
<b>6. Aanbevelingen voor het theoretisch ontwerp van een gietasfaltmengsel</b>	<b>20</b>
6.1 Percentage theoretische holle ruimte in het bitumineuze mengsel	20
6.2 Mastiekstijfheidsindicator (MSI)	20
6.3 Aanbevelingen met betrekking tot het mengselontwerp	21
<b>7. Vergelijking van de uniaxiale cyclische drukproef met de indeukingsproef</b>	<b>24</b>
<b>8. Specifieke instructies voor de voorbereiding van proefstukken</b>	<b>26</b>
8.1 Bemonstering van warm gietasfalt op de bouwplaats	26
8.2 Afmetingen van de mallen voor de productie van platen	27
<b>9. Literatuur</b>	<b>30</b>

## Lijst van de figuren

Figuur 3.1	Proefopstelling voor de uniaxiale cyclische drukproef	6
Figuur 3.2	Haversine-belastingscurve van methode A2	8
Figuur 3.3	Cumulatieve permanente vervorming als functie van het aantal belastingscycli	9
Figuur 3.4	Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende productietemperaturen; referentiemengsel geproduceerd bij 240 °C (rode curves) en 220 °C (blauwe curves).	10
Figuur 5.1	Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende bitumengehalten	15
Figuur 5.2	Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende zandfracties	16
Figuur 5.3	Cumulatieve permanente vervorming als functie van EVA- en bitumengehalte in het bindmiddel	17
Figuur 5.4	Vergelijking van drie gietasfaltmengsels met verschillende bindmiddelsamenstellingen	18
Figuur 8.1	Het vullen van een houten mal met warm gietasfalt op de bouwplaats	26
Figuur 8.2	Platen van verschillende afmetingen die bij OCW worden gebruikt voor het voorbereiden van proefstukken	27
Figuur 8.3	Plaat voor drie proefstukken	27

## Lijst van de tabellen

Tabel 4.1	Eisen in Standaardbestek 250 voor de permanente vervorming bepaald door de uniaxiale cyclische drukproef. NR = <i>no requirement</i> , TBR = <i>to be reported</i> (Vlaamse Overheid, AWV, 2021)	12
Tabel 7.1	Vergelijking van de resultaten van de indeukingsproef en de cyclische uniaxiale drukproef (UACC) voor drie gietasfaltmengsels	24

## Woord vooraf

Deze handleiding geeft eerst een kort overzicht van de uniaxiale cyclische drukproef en richt zich vervolgens op de vragen in verband met de uitvoering van deze proef in België. Daarom is de beschrijving van de proef beknopt en bevat deze alleen de essentiële informatie. Voor meer gedetailleerde informatie raden we aan om de proefnorm NBN EN 12697-25 (Bureau voor Normalisatie, 2016a) te raadplegen, evenals de overeenkomstige normen die in dit document worden vermeld.

### 1. Doel van de handleiding

De uniaxiale cyclische drukproef volgens norm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) is een nieuwe proef voor het bepalen van de weerstand tegen permanente vervorming van gietasfalt onder herhaalde belasting. Ze vervangt de spoorvormingsproef beschreven in norm NBN EN 12697-22 (NBN, 2020b) die in België al lang wordt toegepast en niet is opgenomen in de Europese productnorm voor gietasfalt NBN EN 13108-6 (NBN, 2016c). Het doel van deze handleiding is om aan de sector informatie te verschaffen in verband met deze proef, samen met praktisch advies voor het ontwerp van gietasfaltmengsels die in overeenstemming zijn met de eisen van de proef en aanbevelingen voor de uitvoering van de proef en de voorbereiding van proefstukken.

## 2. Inleiding tot de proef

### 2.1 Historiek van de proef

De norm voor de cyclische drukproef NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) werd in 2005 voor het eerst gepubliceerd. De proef zelf bestond echter al eerder. In 1985 ontwikkelde het *Institut für Materialprüfung Dr. Schellenberg GbR*, Rottweil, een eerste dynamische proef voor gietasfalt (Schellenberg, 1985) die in de loop der jaren werd verbeterd, zie bijvoorbeeld (Angst & Schellenberg, 2008; Schellenberg, 1997 & Schellenberg & Eulitz, 2000). Een van de belangrijke verbeteringen van de beproevingsmethode is de toepassing van sinusvormige belastingen in plaats van rechthoekige belastingen. De sinusvormige belastingen simuleren het verkeer beter en helpen afwijkingen tijdens de uitvoering van de proef te voorkomen. Dit nieuwe type belasting is in 2016 opgenomen in de proefnorm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) als methode A2 die wordt aanbevolen voor gietasfalt.

### 2.2 Vervanging van de spoorvormingsproef

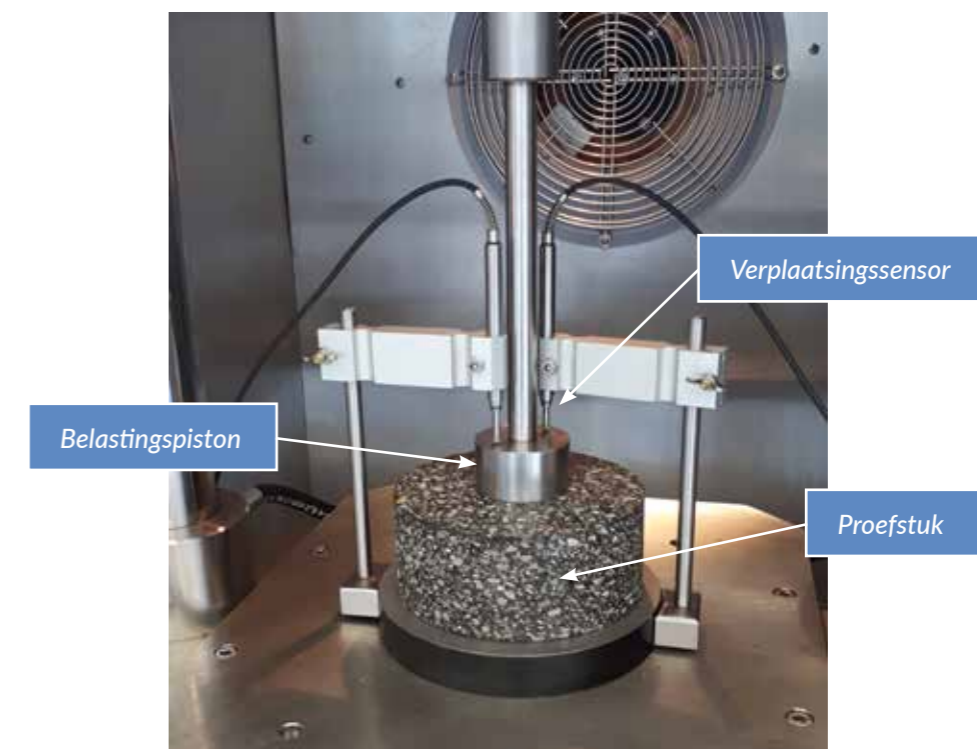
De spoorvormingsproef, zoals beschreven in norm NBN EN 12697-22 (NBN, 2020b), wordt gebruikt om de vervorming te bepalen van bitumineuze mengsels onderworpen aan rijdende belastingen. Zowel de productnorm voor gietasfalt NBN EN 13108-6 (NBN, 2016c) als de norm NBN EN 13108-20 (NBN, 2016d) die de typekeuring beschrijft, voorzien deze proef niet voor gietasfalt. De twee normen vereisen echter dat de uniaxiale cyclische drukproef voor gietasfalt moet worden uitgevoerd indien de statische indeuking (bepaald volgens NBN EN 12697-20 [NBN, 2020a]) 2,5 mm of minder bedraagt. De uniaxiale cyclische drukproef is dus een aanvullende dynamische proef voor hard gietasfalt.

### 3. Beschrijving van de proef

De uniaxiale cyclische drukproef voor gietasfalt wordt beschreven in norm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a), meer bepaald in deel A2. In totaal beschrijft de norm drie proeven voor de bepaling van de weerstand tegen permanente vervorming van bitumineuze mengsels. Methode A1, die ook een uniaxiale cyclische drukproef is, wordt aanbevolen voor andere bitumineuze mengsels dan gietasfalt, terwijl methode A2 wordt aanbevolen voor gietasfalt. Deel B van de norm beschrijft een triaxiale cyclische drukproef.

#### 3.1 Principe van de uniaxiale cyclische drukproef volgens methode A2

Een cilindervormig proefstuk van gietasfalt met een diameter van  $(148 \pm 5)$  mm en een hoogte van  $(60 \pm 2)$  mm wordt onderworpen aan een herhaalde sinusvormige axiale cyclische belasting. De belasting wordt overgebracht door een piston waarvan de diameter kleiner is dan die van het proefstuk, zodat een zekere insluiting wordt bereikt. Er wordt geen zijdelingse insluiting toegepast. De permanente vervorming wordt door verplaatsingssensoren gemeten. De proefopstelling is afgebeeld in figuur 3.1.

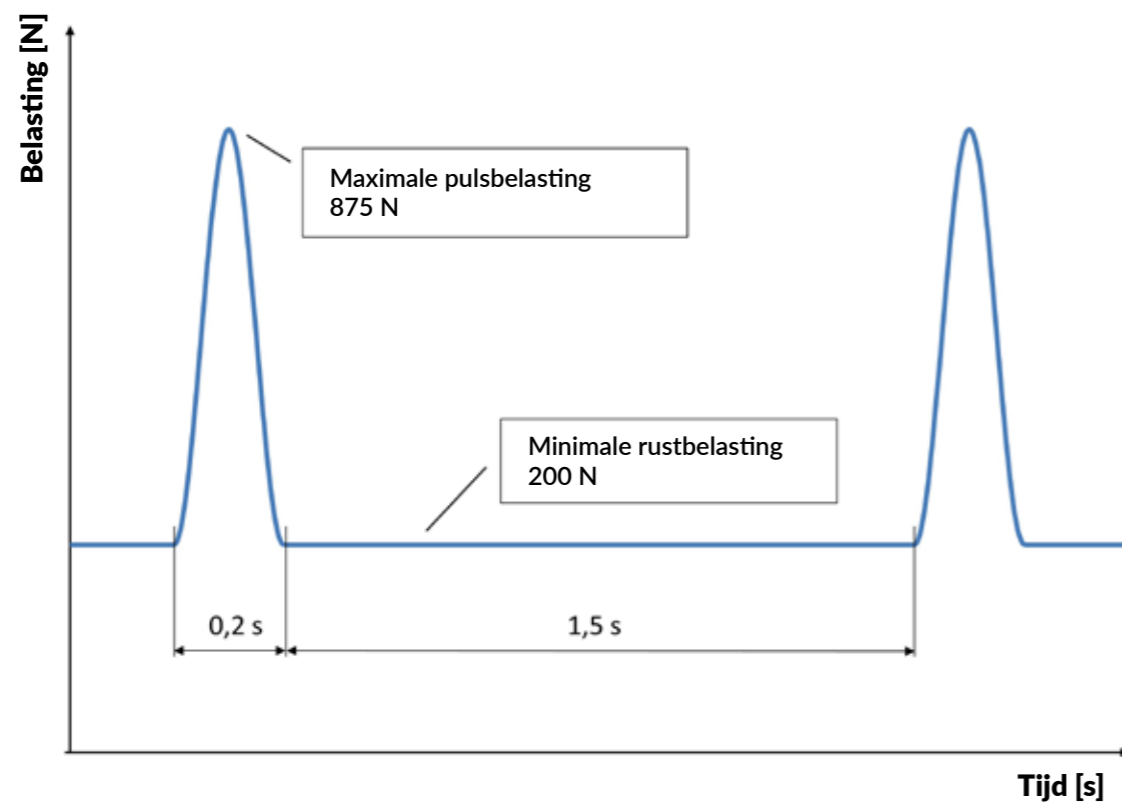


Figuur 3.1 – Proefopstelling voor de uniaxiale cyclische drukproef



### 3.2 Belastingomstandigheden van methode A2

Een sinusvormige axiale cyclische puls met een verspringend beginpunt en een rustinterval wordt uitgeoefend op de bovenkant van het proefstuk. Een belastingscyclus bestaat uit een sinusvormige puls en een rustinterval waarin een minimale belasting wordt uitgeoefend (figuur 3.2). In totaal worden 5 000 belastingscycli toegepast. De cumulatieve permanente vervorming van het gietasfalt na 2 500 en 5 000 cycli moet in het beproevingsverslag worden vermeld. Als de cumulatieve permanente vervorming de maximale limiet van 5 mm al overschrijdt vóór het bereiken van de 5 000 belastingscycli, moet de proef worden stopgezet. In dat geval wordt het aantal belastingscycli dat overeenstemt met een vervorming van 5 mm geregistreerd.



Figuur 3.2 – Haversine-belastingscurve van methode A2

### 3.3 Beproevingstemperatuur

De proef wordt uitgevoerd in een gethermostatiseerde ruimte. Volgens de proefnorm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) moet de proef worden uitgevoerd bij een temperatuur tussen 30 °C en 50 °C. Voor de uniaxiale cyclische drukproeven volgens de productnorm voor gietasfalt is de beproevingstemperatuur vastgelegd op 50 °C in norm NBN EN 13108-20 (NBN, 2016d).

### 3.4 Proefstukken

Voor de proef worden cilindervormige proefstukken met een hoogte van  $(60 \pm 2)$  mm en een diameter van  $(148 \pm 5)$  mm gebruikt. Volgens de proefnorm moeten minstens drie proefstukken voor de proef worden voorbereid. Het is belangrijk erop te wijzen dat de dikte van het gietasfalt dat als basis dient voor de voorbereiding van het proefstuk niet minder dan 65 mm mag bedragen, aangezien de norm voorschrijft dat beide zijden van het proefstuk worden gepolijst zodat ze vlak en evenwijdig aan elkaar zijn en loodrecht op de as van de cilinder staan. De norm biedt ook de mogelijkheid om te werken met gietasfalt van geringere dikte door twee boorkernen op elkaar te stapelen.

De proefstukken worden bereid uit gegoten proefstukken of uit proefstukken verkregen door kernboring.

#### 3.4.1 Gegoten proefstukken

Voor de voorbereiding van gegoten proefstukken wordt het gietasfalt in cilindervormige stalen mallen gegoten, waarvan de binnendiameter overeenkomt met de diameter van het proefstuk. De stalen mallen moeten worden voorverwarmd tot  $(150 \pm 10)$  °C voordat ze met gietasfalt worden gevuld. Om die reden is de bemonstering van gietasfalt op de bouwplaats met behulp van stalen mallen moeilijk. Het is immers gecompliceerd om een gestandaardiseerde procedure te vinden voor het op de bouwplaats voorverwarmen van stalen mallen tot een bepaalde temperatuur onder constante en nauwkeurige omstandigheden. In hoofdstuk 8 wordt specifiek advies gegeven voor de bemonstering van warm gietasfalt op de bouwplaats. Dit advies is op basis van onderzoeksprojecten van OCW opgesteld.

#### 3.4.2 Proefstukken bemonsterd door kernboring

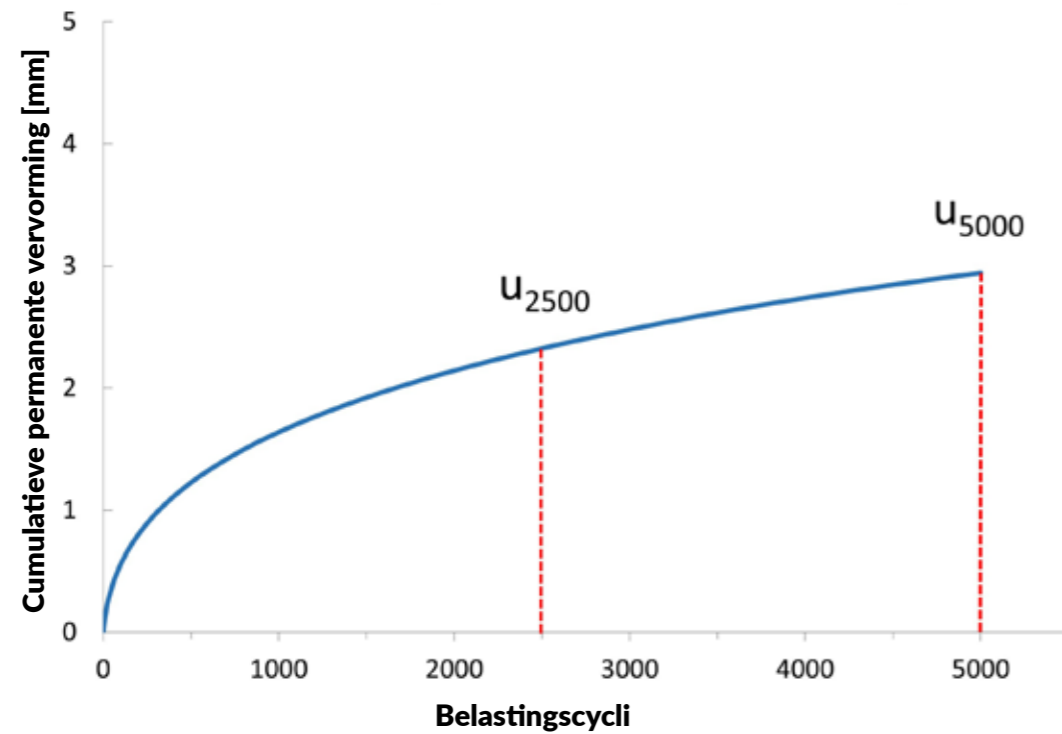
Een andere methode bestaat erin de proefstukken op het terrein door kernboring te bemonsteren of uit platen die vooraf in het laboratorium zijn vervaardigd.

Bij gebruik van platen wordt het gietasfalt in twee lagen in een mal gegoten (bv. een houten mal). Zodra het gietasfalt is afgekoeld, wordt de plaat uit de mal gehaald en worden de proefstukken verkregen door middel van kernboring. Merk op dat de proefstukken op ten minste 20 mm van de rand van de plaat moeten worden bemonsterd.

### 3.5 Resultaten

Het belangrijkste resultaat van de uniaxiale cyclische drukproef is de cumulatieve permanente vervorming in millimeter, aangeduid met  $u$ , die wordt gemeten na 2 500 en 5 000 belastingscycli.

Figuur 3.3 geeft een voorbeeld van een curve die de cumulatieve permanente vervorming weergeeft als functie van het aantal belastingscycli voor een gietasfaltmengsel.

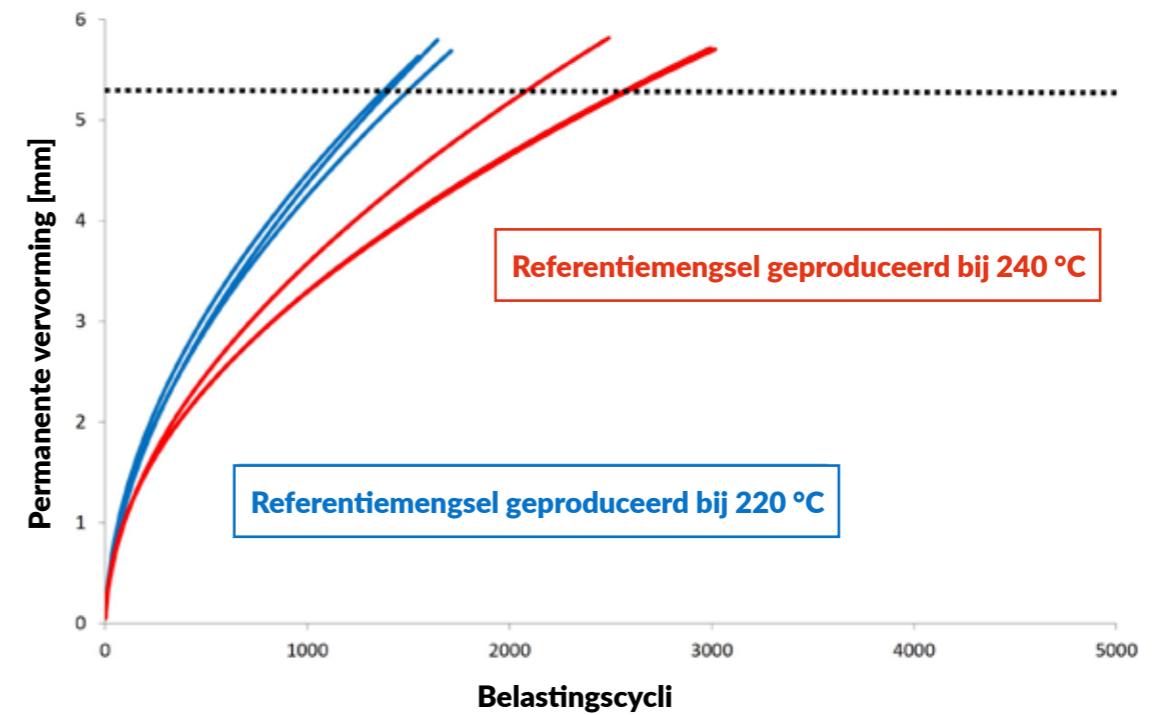


Figuur 3.3 – Cumulatieve permanente vervorming als functie van het aantal belastingscycli

### 3.5.1 Impact van de productietemperatuur van gietasfalt

De productietemperatuur heeft een directe invloed op de weerstand tegen permanente vervorming. Hoe hoger de productietemperatuur van gietasfalt, hoe meer het bitumen in het gietasfalt is verouderd. Door een meer verouderd bitumen is het gietasfalt na afkoeling stijver en beter bestand tegen permanente vervorming. In het door NBN gesubsidieerd onderzoeksproject GaMiEN (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 2020) heeft OCW de impact van de productietemperatuur op de weerstand tegen permanente vervorming geanalyseerd. Daarvoor werd een referentiemengsel geproduceerd bij twee verschillende temperaturen. Een verlaging van de productietemperatuur van 240 °C naar 220 °C leidt tot een grotere vervorming van het gietasfalt en dus tot een slechtere weerstand van het mengsel tegen dynamische belastingen (figuur 3.4).

Enige tijd geleden werd de productietemperatuur van gietasfalt op Europees niveau verlaagd (zie bv. de norm voor laboratoriummengingen NBN EN 12697-35 (NBN, 2016b) alsook de Belgische standaardbestekken). Deze maatregel is genomen in het kader van het verkleinen van de koolstofvoetafdruk van de in de wegenbouw gebruikte materialen. De in dit voorbeeld gebruikte temperatuur van 240 °C is afkomstig van een onderzoek dat werd uitgevoerd vooraleer de productietemperatuur werd verlaagd. Dit voorbeeld wordt louter ter informatie gegeven om de invloed van de productietemperatuur op de eigenschappen van het gietasfalt beter te illustreren.



Figuur 3.4 – Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende productietemperaturen; referentiemengsel geproduceerd bij 240 °C (rode curves) en 220 °C (blauwe curves)

## 4. Voorschriften

De eisen voor de cumulatieve permanente vervorming van een gietasfaltmengsel zijn vastgelegd in de standaardbestekken en zijn in overeenstemming met de productnorm NBN EN 13108-6 (NBN, 2016c). Op het moment dat deze handleiding werd opgesteld, zijn de vereisten voor cumulatieve permanente vervorming vastgelegd in het standaardbestek voor het Vlaamse Gewest, Standaardbestek 250 (Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer, 2021). Hierin worden de soorten gietasfaltmengsels en de constructieklassen gespecificeerd waarvoor de proef moet worden uitgevoerd, alsmede de vereisten voor cumulatieve permanente vervorming na 2 500 belastingscycli ( $U_{2500}$ ) en 5 000 belastingscycli ( $U_{5000}$ ) (tabel 4.1).

De eisen in SB 250 (Vlaamse Overheid, AWV, 2021) werden bepaald op basis van het GaMiEN-onderzoeksproject (OCW, 2020) waarin de uniaxiale cyclische drukproef voor een reeks mengsels van Belgische gietasfaltproducenten werd uitgevoerd.

Eisen voor dynamische indeuking SB 250, Hoofdstuk 14, Tabel 14-5.5-25					
Mengsel	Kenmerk	B1 en B2	B3	B4 en B5	B6 - B10, BF
		max.	max.	max.	max.
GAA-E	$U_{5000}$	NR	NR	NR	NR
GAB-D	$U_{2500}$	2,50 mm	3,00 mm	NR	NR
	$U_{5000}$	3,00 mm	4,00 mm	NR	NR
GAA-E + GAB-D	$U_{2500}$	TBR	TBR	NR	NR
	$U_{5000}$	TBR	TBR	NR	NR

**Tabel 4.1** – Eisen in Standaardbestek 250 voor de permanente vervorming bepaald door de uniaxiale cyclische drukproef.  
NR = no requirement, TBR = to be reported (Vlaamse Overheid, AWV, 2021)

### 4.1 Herhaalbaarheid

De huidige versie van norm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) bevat nog geen indicatie over de betrouwbaarheid van meetmethode A2 die voor gietasfalt wordt aanbevolen. In een interlaboratoriumproef die in detail wordt beschreven in referentie (Gail et al, 2020), is een eerste schatting van de herhaalbaarheid van de proef bepaald. Uit deze interlaboratoriumproef blijkt dat de variatiecoëfficiënt van de cumulatieve permanente vervorming 12 % bedraagt. Deze waarde werd bepaald op basis van de resultaten van twee laboratoria. Drie verschillende gietasfaltmengsels werden beproefd in deze laboratoriumafstemming met in totaal 47 proefstukken.

Aangezien slechts twee laboratoria deelnamen aan de laboratoriumafstemming, kon de herhaalbaarheid niet worden berekend omdat hiervoor een groter aantal deelnemende laboratoria nodig is (zie ook de vereisten in NBN ISO 5725-2 [NBN, 2020c]).

## 5. Invloed van de samenstelling van een gietasfaltmengsel op het resultaat van de uniaxiale cyclische drukproef

Het doel van dit hoofdstuk is praktische adviezen te geven voor het ontwerp en de optimalisatie van gietasfaltmengsels om een samenstelling te vinden die voldoet aan de eisen van de uniaxiale cyclische drukproef.

Bij het ontwerp van een nieuw gietasfaltmengsel moet rekening worden gehouden met verschillende aspecten die invloed hebben op de prestatiekenmerken van het gietasfalt. Wat betreft de cumulatieve permanente vervorming van gietasfalt worden hieronder enkele voorbeelden en resultaten besproken.

Merk op dat de meeste in dit document getoonde en besproken gietasfaltmengsels geen additieven bevatten. Daarom hebben sommige mengsels geen volledige meting van 5 000 belastingscycli bereikt en overschrijdt hun permanente vervorming dus de bovengrens van 5 mm.

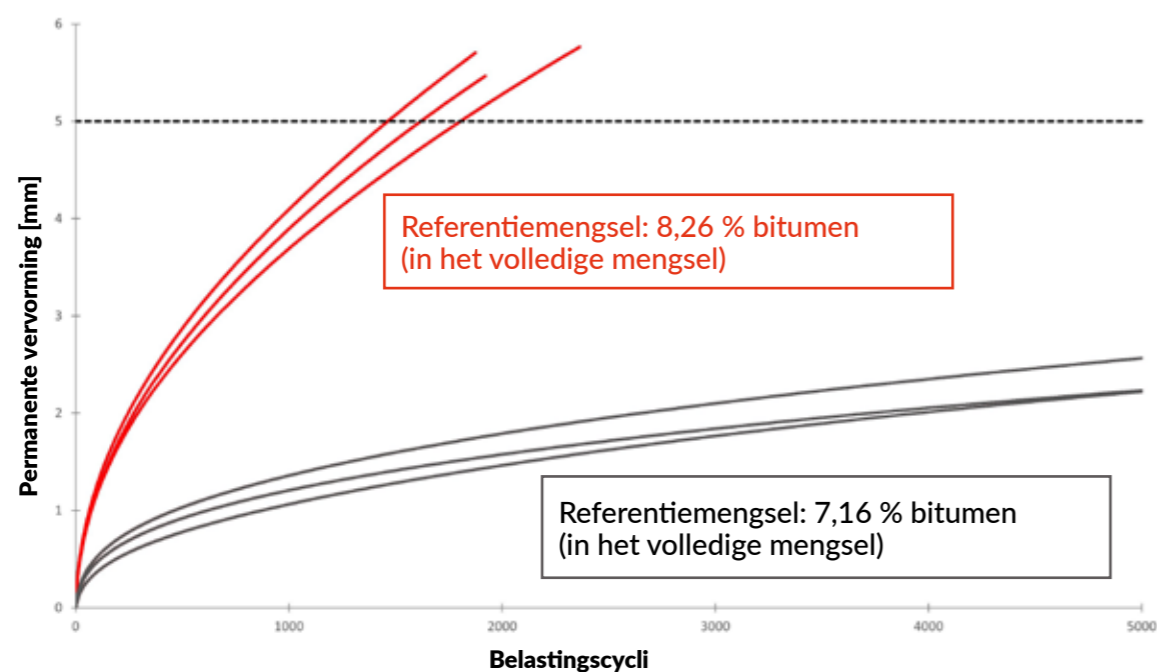
Figuren 5.1-5.3 tonen de individuele resultaten van verschillende proefstukken (3-9 proefstukken per proef) van een gietasfaltmengsel die werden beproefd in kader van het GaMiEN-onderzoeksproject (OCW, 2020).

Deze voorbeelden tonen ook de typische verschillen en spreiding tussen individuele metingen, wat belangrijke informatie is voor het bestuderen van de herhaalbaarheid van de proef en voor het bepalen van het onderscheidende vermogen ervan. Er dient te worden opgemerkt dat in de typekeuring volgens NBN EN 13108-20 (NBN, 2016d) de gemiddelde cumulatieve permanente vervorming wordt bepaald op basis van drie individuele proefstukken.

### 5.1 Bitumengehalte

Het bitumengehalte in een gietasfaltmengsel heeft een grote invloed op de weerstand tegen permanente vervorming. Figuur 5.1 toont het effect van het bitumengehalte op de cumulatieve permanente vervorming met behulp van twee gietasfaltmengsels.

De twee weergegeven mengsels hebben dezelfde droge samenstelling, hetzelfde bitumen werd gebruikt en in het laboratorium werd hetzelfde productieprocedé toegepast. Alleen het bitumenpercentage werd gewijzigd. Het mengsel in het rood bevat 8,26 % bitumen in het volledige mengsel en vertegenwoordigt een waterdichte beschermingslaag (MA-6.3 in *CCT Qualiroutes* [Service Public de Wallonie, Mobilité & Infrastructures, 2021], GAB-D in SB 250 [Vlaamse Overheid, SPW, 2021]). Dit mengsel bereikt het maximale aantal belastingen van 5 000 cycli niet en de maximale vervorming van 5 mm wordt reeds bereikt tussen 1 000 en 2 000 belastingscycli. Door het bindmiddelgehalte te verlagen tot 7,16 % in het volledige mengsel (grijze curves in figuur 5.1), wordt het mengsel beter bestand tegen permanente vervorming en wordt na 5 000 belastingscycli een cumulatieve permanente vervorming van 2,3 mm bereikt (gemiddelde van de drie afzonderlijke metingen).

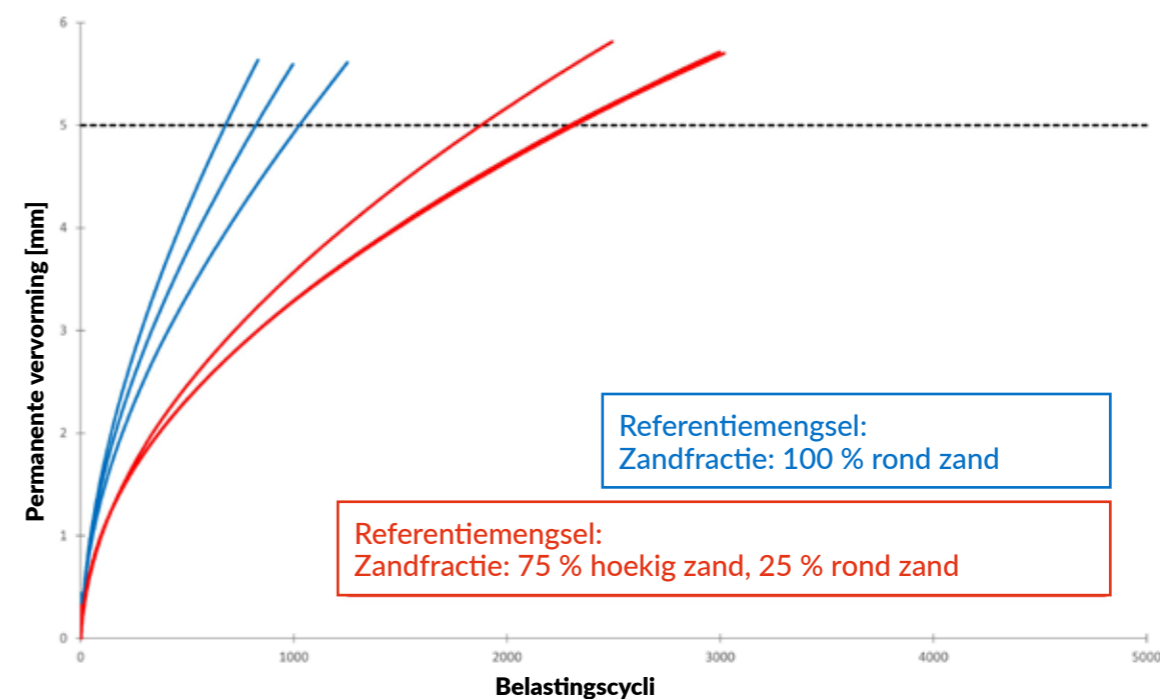


Figuur 5.1 – Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende bitumengehalten

## 5.2 Invloed van het zand

Veel samenstellingen van gietasfaltmengsels bevatten een mengsel van hoekig en rond zand. Een verandering in de verhoudingen van de twee zanden van het mengsel beïnvloedt de weerstand tegen permanente vervorming.

Figuur 5.2 toont een vergelijking tussen een gietasfalt dat twee verschillende ronde zanden bevat (blauwe curves) en een gietasfalt dat in zijn zandfractie 75 % hoekig zand en 25 % rond zand bevat (rode curves). De andere bestanddelen van deze twee gietasfaltmengsels en hun percentages in het bitumineuze mengsel zijn identiek. Een verhoging van het percentage hoekig zand leidt bijgevolg tot een betere weerstand tegen permanente vervorming, hetgeen blijkt uit het feit dat in het voorbeeld de maximumgrens van 5 mm wordt bereikt na een groter aantal belastingscycli.

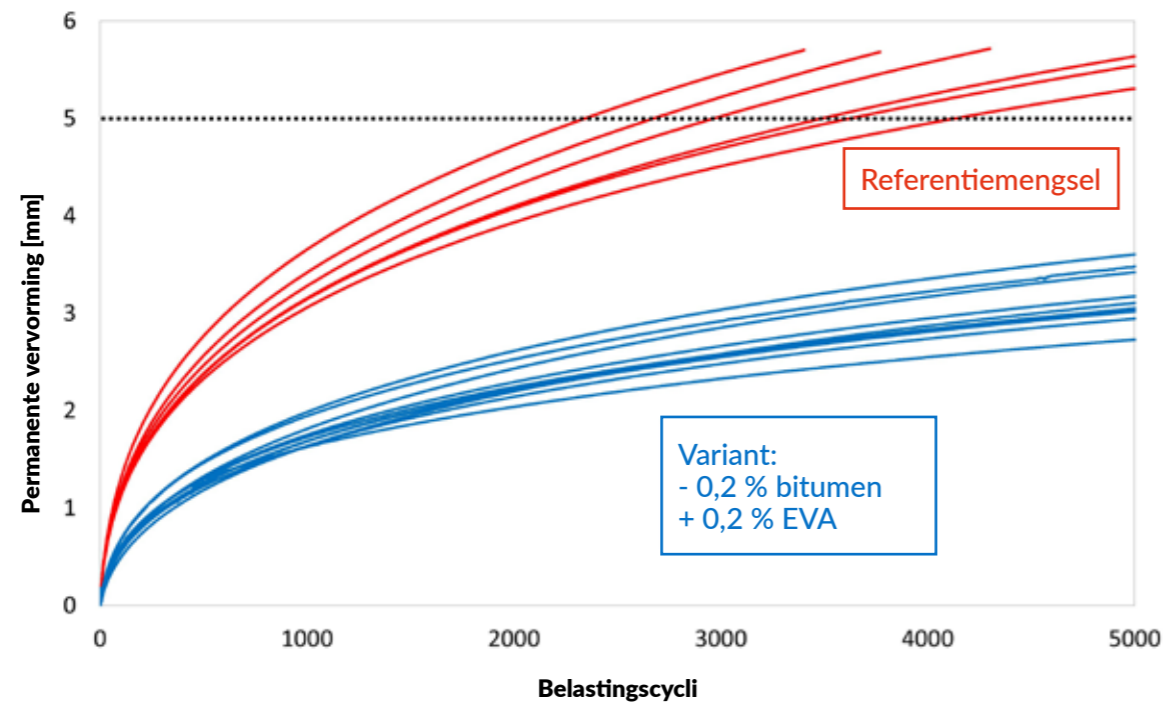


Figuur 5.2 – Cumulatieve permanente vervorming voor verschillende zandfracties

## 5.3 Gebruik van additieven

Om de prestatiekenmerken van een gietasfaltmengsel te verbeteren, worden additieven zoals was en ethyleenvinylacetaat (EVA) gebruikt. Deze maken het bijvoorbeeld mogelijk om de productietemperatuur te verlagen zodat het gietasfalt gemakkelijk verwerkbaar blijft, of om de weerstand tegen permanente vervorming te verbeteren.

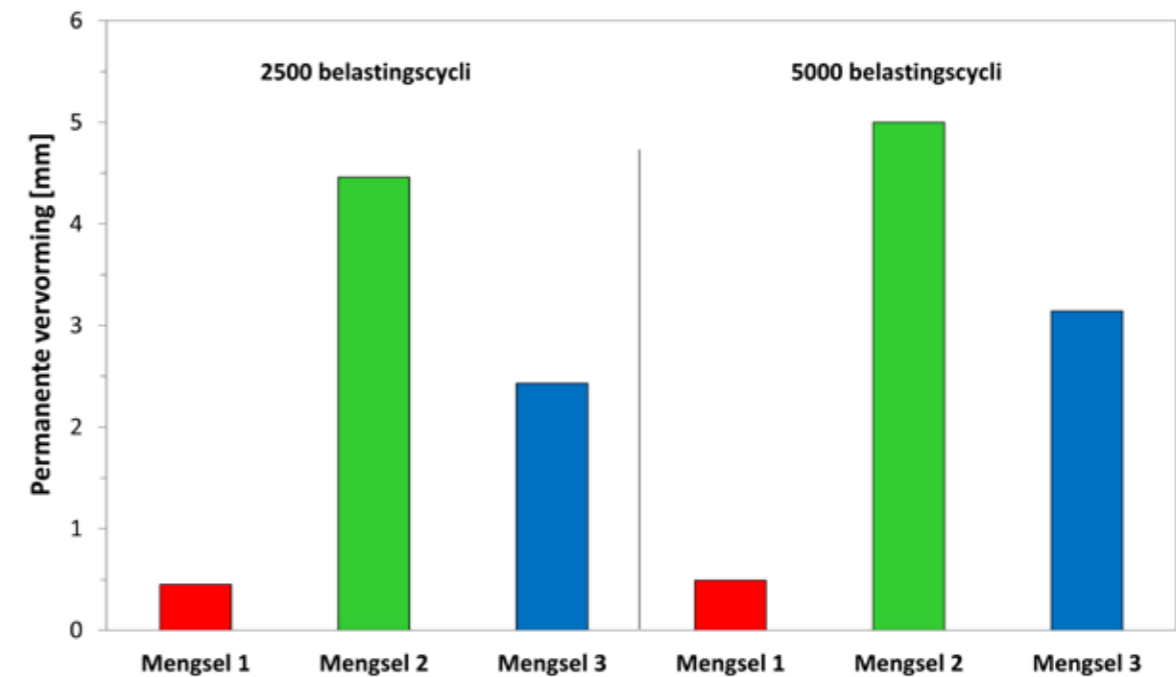
Het eerste voorbeeld in figuur 5.3 toont het effect van het EVA-additief op de permanente weerstand tegen vervorming. De rode curves vertegenwoordigen een referentie-gietasfalt dat bitumen en EVA bevat. De variant van deze referentie bevat 0,2 % minder bitumen en 0,2 % meer EVA en wordt weergegeven door de blauwe curves. De weerstand tegen permanente vervorming van gietasfalt kan dus worden verbeterd door EVA toe te voegen of het EVA-gehalte te verhogen. De gelijktijdige daling van het bitumengehalte met 0,2 % versterkt dit effect, maar de toename van EVA met 0,2 % is de dominante factor in dit voorbeeld. Een enkele verlaging van het bitumengehalte met 0,2 % heeft een kleiner effect op de verbetering van de weerstand tegen permanente vervorming.



Figuur 5.3 - Cumulatieve permanente vervorming als functie van EVA- en bitumengehalte in het bindmiddel

Een tweede voorbeeld met twee mengsels met EVA en een mengsel dat EVA en een was bevat, wordt weergegeven in figuur 5.4. Dit voorbeeld wordt in detail beschreven in referentie (Gail et al, 2020). De samenstelling van het droge mengsel (aggregaten) van deze drie mengsels verschilt niet veel en de eigenschappen van deze mengsels worden hoofdzakelijk bepaald door de samenstelling van het bindmiddel. De bindmiddelen in mengsels 2 en 3 (figuur 5.4, groen en blauw) bevatten bitumen en EVA. De permanente vervorming van mengsel 2 is groter dan die van mengsel 3 door het hogere percentage bitumen en de lagere hoeveelheid EVA in het mengsel. Mengsel 1 (figuur 5.4, rood) bevat EVA en een was. Deze samenstelling heeft een hogere weerstand tegen permanente vervorming dan de andere twee gietasfaltmengsels.

Door het hogere onderscheidende vermogen is de uniaxiale cyclische drukproef beter in staat een onderscheid te maken tussen gietasfaltmengsels met een verschillende samenstelling. De in figuur 5.4 weergegeven resultaten weerspiegelen zeer goed de verschillende samenstellingen van de drie mengsels.



Figuur 5.4 - Vergelijking van drie gietasfaltmengsels met verschillende bindmiddelsamenstellingen

## 6. Aanbevelingen voor het theoretisch ontwerp van een gietasfaltmengsel

Het theoretisch ontwerp van een gietasfaltmengsel en de analyse van bepaalde theoretische parameters kunnen reeds nuttige informatie opleveren voor het ontwikkelen van een nieuw gietasfaltmengsel en voor de te verwachten prestatiekenmerken op het vlak van weerstand tegen permanente vervorming. Binnen het kader van het GaMiEN-onderzoeksproject (OCW, 2020) heeft OCW zijn nieuwe PradoWeb-software (OCW, 2021) gebruikt voor een theoretische studie van gietasfaltmengsels. De software is ontworpen voor asfalt, maar veel functies kunnen ook op gietasfalt worden toegepast.

Twee theoretische parameters die worden gebruikt om een asfaltmengsel te beschrijven, zijn nuttig gebleken om een eerste verband te leggen tussen de samenstelling van een gietasfaltmengsel en de weerstand ervan tegen permanente vervorming: de theoretische holle ruimte in het asfaltmengsel en de *mastiekstijfheidsindicator* (MSI). Deze twee parameters worden als volgt gedefinieerd.

### 6.1 Percentage theoretische holle ruimte in het bitumineuze mengsel

Het uiteindelijke bitumineuze mengsel bestaat uit het droge mengsel (minerale bestanddelen) en het bindmiddel (bitumen en eventuele additieven). De theoretische holle ruimte geeft het percentage holle ruimte in het gietasfalt na productie aan (en in het geval van asfaltmengsels, na verdichting). Als het percentage theoretische holle ruimte positief is, vult het bindmiddel niet alle bestaande holle ruimte. Een negatieve waarde wijst echter op een teveel aan bindmiddel. De berekening van het percentage theoretische holle ruimte in PradoWeb geeft de situatie bij kamertemperatuur weer.

Onderzoek in het kader van het GaMiEN-project (OCW, 2020) heeft uitgewezen dat het percentage theoretische holle ruimte bij voorkeur tussen -1 % en +2 % ligt en in ieder geval tussen - 3 % en + 3 % (onderzoek uitgevoerd op GAB-D/MA-6 en GA-D mengsels).

### 6.2 Mastiekstijfheidsindicator (MSI)

De consistentie van de mastiek speelt een belangrijke rol bij de verwerkbaarheid en andere prestatiekenmerken van een bitumineus mengsel. Daarom wordt bij het theoretisch ontwerp van een bitumineus mengsel rekening gehouden met de MSI-parameter die de consistentie van de mastiek beschrijft (De Visscher et al., 2021).

De berekening van de mastiekstijfheidsindicator hangt af van het percentage holle ruimte volgens Rigden in de vulstof (het verstijvend vermogen door middel van holle ruimte in de vulstof) en van de verhouding van het volume van de vulstof tot het volume van het bindmiddel. Het is belangrijk te weten dat het percentage holle ruimte volgens Rigden in de vulstof rekening houdt met het volledige gedeelte kleiner dan 0,063 mm. Afhankelijk van de samenstelling kan dat de aanvoervulstof, teruggewonnen vulstof, fijne deeltjes van zand en stenen, en eventuele pigmenten bevatten.

Het GaMiEN-project (OCW, 2020) heeft aangetoond dat de mastiekstijfheidsindicatoren van gietasfalt een groot waardebereik hebben tussen 40 °C en 100 °C. Dit grote bereik staat in contrast met dat van conventionele asfaltmengsels. Een lage MSI-waarde geeft enerzijds aan dat het mengsel beter verwerkbaar is, maar anderzijds dat het waarschijnlijk meer vervormbaar is. Een hoge MSI-waarde betekent echter dat het mengsel beter bestand is tegen permanente vervorming, maar minder goed verwerkbaar is.

### 6.3 Aanbevelingen met betrekking tot het mengselontwerp

Het theoretisch ontwerp en de analyse van theoretische parameters ondersteunen het ontwerp van een gietasfaltmengsel en kunnen voorkomen dat risicovolle mengsels moeten worden ontworpen en beproefd.

Bij de toepassing van de theoretische ontwerpmethodode moet aandacht worden besteed aan de volgende aspecten:

- ▶ Bereik van het percentage theoretische holle ruimte: tussen - 3 % en 3 % en bij voorkeur tussen -1 % en + 2 %.

Vermijd de grenzen van het bereik (risicogebieden), omdat dit het risico verhoogt op mengsels die minder bestand zijn tegen permanente vervorming (percentage holle ruimte dicht bij de ondergrens) of op mengsels die niet meer verwerkbaar zijn (percentage holle ruimte dicht bij de bovengrens).

- ▶ Bereik van de mastiekstijfheidsindicator (MSI): tussen 40 °C en 100 °C.

Vermijd de grenzen van het bereik (risicogebieden) omdat dit het risico verhoogt op mengsels die minder bestand zijn tegen permanente vervorming (MSI dicht bij de ondergrens) of voor mengsels die niet meer verwerkbaar zijn (MSI dicht bij de bovengrens).



## 7. Vergelijking van de uniaxiale cyclische drukproef met de indeukingsproef

In dit hoofdstuk wordt de invloed van de samenstelling van een gietasfaltmengsel op de resultaten van de uniaxiale cyclische drukproef en de indeukingsproef geanalyseerd. Beide proeven worden gebruikt om de weerstand tegen permanente vervorming te bepalen. De indeukingsproef volgens norm NBN EN 12697-20 (NBN, 2020a) is een proef waarbij statische belastingen worden uitgeoefend, terwijl de uniaxiale cyclische drukproef een dynamische proef is. Het gedrag van een gietasfaltmengsel onder statische belastingen is verschillend van dat onder dynamische belastingen. Tabel 7.1 illustreert dat aan de hand van drie verschillende gietasfaltmengsels. De twee mengsels A en B vertonen dezelfde vervorming van 1,5 mm na 30 minuten bij de indeukingsproef, terwijl hun resultaten bij de uniaxiale cyclische drukproef sterk verschillen (tabel 7.1, rode cirkels). Mengsel A vertoont zeer weinig vervorming onder dynamische belastingen na 2 500 belastingscycli, terwijl mengsel B meer vervorming vertoont.

Uit de resultaten van de uniaxiale cyclische drukproef kunnen echter geen conclusies worden getrokken voor de resultaten van de indeukingsproef (zie tabel 7.1, blauwe cirkels). Mengsels B en C hebben ongeveer dezelfde vervorming na 2 500 belastingscycli in de uniaxiale cyclische drukproef, terwijl hun resultaten voor indeuking na 30 minuten duidelijk van elkaar verschillen.

Mengsel	Indeuking [mm]			UACC [mm]		
	30'	60'	$\Delta(60'-30')$	$U_{2500}$	$U_{5000}$	$U_{5000}-U_{2500}$
A	1,5	1,6	0,1	0,47	0,51	0,04
B	1,5	1,9	0,4	2,49	3,16	0,67
C	2,9	3,3	0,4	2,69	3,83	1,14

**Tabel 7.1** – Vergelijking van de resultaten van de indeukingsproef en de cyclische uniaxiale drukproef (UACC) voor drie gietasfaltmengsels

Dat wil zeggen dat de indeukingsproef en de uniaxiale cyclische drukproef niet vergelijkbaar zijn, omdat ze betrekking hebben op verschillende aspecten van de weerstand van een gietasfaltmengsel (weerstand tegen statische belastingen enerzijds en weerstand tegen dynamische belastingen anderzijds).

Het GaMiEN-onderzoeksproject (OCW, 2020) heeft bovendien aangetoond dat de uniaxiale cyclische drukproef een beter onderscheid kan maken tussen verschillende soorten mengsels die bestand zijn tegen permanente vervorming waarvan de resultaten zeer dicht bij elkaar liggen voor de indeukingsproef.

## 8. Specifiek advies voor de bereiding van proefstukken

### 8.1 Bemonstering van warm gietasfalt op de bouwplaats

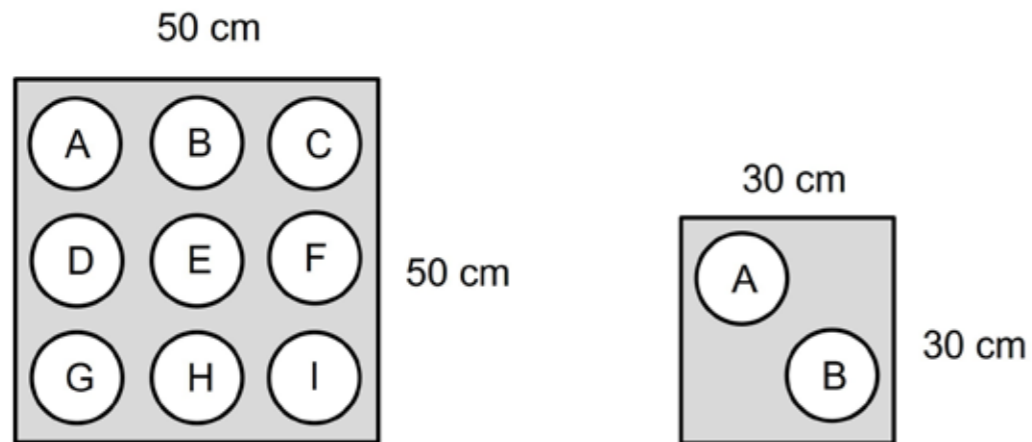
Voor het vervaardigen van proefstukken uit platen kan gebruik worden gemaakt van in het laboratorium geproduceerd gietasfalt of van op de bouwplaats (vanuit de vrachtwagen) bemonsterd warm gietasfalt. Ter plaatse kunnen houten mallen met gietasfalt worden gevuld (figuur 8.1). Na afkoeling worden de mallen naar het laboratorium vervoerd waar de platen uit de mallen worden gehaald en de proefstukken worden vervaardigd. In het kader van het GaMiEN-onderzoeksproject (OCW, 2020) heeft OCW reeds goede ervaringen met deze procedure opgedaan. We wijzen er wel op dat deze tweede methode momenteel niet in de normen of standaardbestekken is opgenomen. Ook moet door middel van een effectenstudie worden nagegaan of de verschillende bemonsteringsmethoden tot dezelfde resultaten leiden.



Figuur 8.1 – Het vullen van een houten mal met warm gietasfalt op de bouwplaats

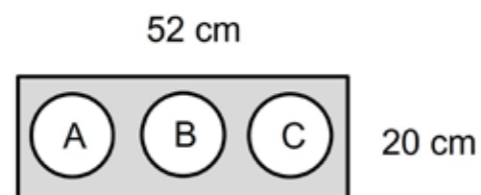
## 8.2 Afmetingen van de mallen voor de productie van platen

In norm NBN EN 12697-25 (NBN, 2016a) worden de afmetingen van de mallen voor de productie van platen niet gespecificeerd. In de interlaboratoriumproef voor de uniaxiale cyclische drukproef (Gail et al, 2020) werd ook het effect van verschillende mallen voor de bereiding van gietasfaltplaten bestudeerd. Proefstukken bemonsterd van 50 cm x 50 cm platen en proefstukken bemonsterd van 30 cm x 30 cm platen werden vergeleken (figuur 8.2). In alle gevallen werd voldaan aan de eisen van de proefnorm met betrekking tot de 20 mm afstand van de rand van de plaat voor de kernboring. De cumulatieve vervorming van de twee soorten proefstukken werd vergeleken, waaruit bleek dat de verschillen tussen de twee bereidingstypen in de orde van grootte liggen van de standaardafwijking van de cumulatieve permanente vervorming. We kunnen hieruit concluderen dat de afmetingen van de platen, en dus een iets grotere of kleinere afstand tussen de kernboringspunten, geen invloed hebben op het beproevingsresultaat.



Figuur 8.2 – Platen van verschillende afmetingen die bij OCW worden gebruikt voor het voorbereiden van proefstukken

Na de uitvoering van de interlaboratoriumproef bouwde OCW een ander type mal waarin een plaat voor drie proefstukken kan worden voorbereid (figuur 8.3). Dat is een optimale oplossing voor gietasfaltmengsels die in kleine hoeveelheden worden geproduceerd, aangezien drie proefstukken volstaan voor een uniaxiale cyclische drukproef.



Figuur 8.3 – Plaat voor drie proefstukken

## 9. Literatuur

- Angst, C. & Schellenberg, K. (2008). *Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt* (VSS Forschungsauftrag No 2000/433). Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Strassen, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). <https://www.impbautest.ch/upload/cms/user/statEindringtiefe.pdf>
- Bureau voor Normalisatie. (2016a). *Bituminous mixtures: Test methods. Part 25: Cyclic compression test* (NBN EN 12697-25). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-25-2016\\_17105/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-25-2016_17105/)
- Bureau voor Normalisatie. (2016b). *Bituminous mixtures: Test methods. Part 35: Laboratory mixing* (NBN EN 12697-35). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-35-2016\\_27190/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-35-2016_27190/)
- Bureau voor Normalisatie. (2016c). *Bituminous mixtures: Material specifications. Part 6: Mastic asphalt* (NBN EN 13108-6). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13108-6-2016\\_22523/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13108-6-2016_22523/)
- Bureau voor Normalisatie. (2016d). *Bituminous mixtures: Material specifications. Part 20: Type testing* (NBN EN 13108-20). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13108-20-2016\\_39406/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13108-20-2016_39406/)
- Bureau voor Normalisatie. (2020a). *Bituminous mixtures: Test methods. Part 20: Indentation using cube or Marshall specimens* (NBN EN 12697-20). [https://www.nbn.be/shop/en/standard/nbn-en-12697-20-2020\\_12050/](https://www.nbn.be/shop/en/standard/nbn-en-12697-20-2020_12050/)
- Bureau voor Normalisatie. (2020b). *Bituminous mixtures: Test methods. Part 22: Wheel tracking* (NBN EN 12697-22). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-22-2020\\_26010/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12697-22-2020_26010/)
- Bureau voor Normalisatie. (2020c). *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method* (NBN ISO 5725-2). [https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-iso-5725-2-2020\\_34898/](https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-iso-5725-2-2020_34898/)
- De Visscher, J., Destrée, A., Tanghe, T. & Vanelstraete, A. (2021). PradoWeb: Logiciel de formulation des enrobés bitumineux selon la méthode du CRR. *Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA)*, (983), 24-28.
- Gail, A., Glorie, L., Angst, C. & Huber, L. (2020, Juni 16-18). Comparative test on the new uniaxial cyclic compression test for mastic asphalt. In *Asphalt 4.0 for future mobility: 7<sup>th</sup> Eurasphalt & Eurobitume congress (7<sup>th</sup> E&E), Madrid, Spain*. European Asphalt Pavement Association (EAPA) & European Bitumen Association (Eurobitume).
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. (2020). GaMiEN: Onderzoek van gietasfaltmengsels ingevolge wijzigingen aan de Europese normen: *Eindverslag voor de periode 1 juni 2018 tot 31 mei 2020* [Unpublished report No CCN NBN PN18A20-B20].

- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. (2021). *PradoWeb: Program for road asphalt design and optimization* - Web. <https://brrc.be/nl/innovatie/innovatie-overzicht/pradoweb>
- Schellenberg, K. (1985). Die Rottweiler Hydropulsanlage. *Bitumen*, 47(4), 145-149.
- Schellenberg, K. (1997). Neue Prüfverfahren zur Beurteilung von Gussasphalt auf Betonbrücken. *Bitumen*, 59(1).
- Schellenberg, K. & Eulitz, H.-J. (2000). *Ansprache des Verformungswiderstandes von Gussasphalt mit dem dynamischen Eindringversuch mit ebenem Stempel: Weiterentwicklung und Bewertungshintergrund* (Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik (FSS) No 798). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Strassenbau.
- Service Public de Wallonie, Mobilité & Infrastructures. (2021). *CCT qualiroutes: Cahier des charges-type* (Geconsolideerde versie 2021 [en de daaropvolgende aanpassingen]). [http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index\\_cctquali.html](http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index_cctquali.html)
- Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* (Versie 4.1a, hoofdstuk 14). <https://wegenverkeer.be/sites/default/files/uploads/documenten/Hoofdstuk14-4.1a.pdf>