



Toepassing gekleurd asfalt 2023

Kleurloos bindmiddel in warm mix kleurasfalt,
een hoogwaardige circulaire en veilige toepassing

Ir. C.P. Plug

Dr. ir. E.T. Hagos

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
1. Inleiding	3
2. Gekleurd asfalt in de praktijk	3
2.1 Praktijksituaties.....	4
3. Synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel.....	6
3.1 Asfaltmengtemperatuur	7
3.2 Kenmerken synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen.....	7
3.3 Kwaliteit asfalt met synthetisch pigmenteerbare kleurloos bindmiddel	8
3.4 Arbo aspecten synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen	8
4. Simulatieproef emissies gekleurd asfalt.....	11
4.1 Resultaten Tauw-blootstellingsonderzoek	14
4.2 Resultaten IFA-methode.....	15
5. Circulariteit gekleurd asfalt	16
6. Discussie	16
7. Referenties	17

Kleurloos bindmiddel in warm mix kleurasfalt, een hoogwaardige, circulaire en veilige toepassing

Ir. C.P. Plug
Ooms Producten

Dr.ir. E.T. Hagos
Latexfalt

Samenvatting

Ter bevordering van de verkeersveiligheid worden in Nederland en ook steeds vaker in het buitenland gekleurde verhardingen toegepast, zoals rood, blauw of geel gekleurde fietsstroken en kruisingen/plateaus. Andere argumenten voor het toepassen van gekleurde verhardingen zijn het reduceren van hittestress in binnenstedelijk gebied of zijn esthetisch van aard. Deze gekleurde verhardingen kunnen op verschillende manieren worden gerealiseerd, zoals verven van het wegoppervlak tot het gebruik van gekleurde steenslag in combinatie met synthetisch pigmenteerbare (kleurloze) bindmiddelen allen met hun specifieke voor- en nadelen.

Een gekleurde verharding met een (kwalitatief goed) kleurloos bindmiddel blijkt in de praktijk het beste resultaat op te leveren met een lange levensduur. Deze kleurloze bindmiddelen hebben als voordeel dat met relatief weinig pigment een heldere kleur kan worden verkregen. Dit in tegenstelling tot conventionele zwarte bitumen waarmee met veel (poeder) pigment nog steeds een donkere kleur wordt verkregen. In de markt is echter twijfel ontstaan over de kwaliteit en verwerkbaarheid van kleurloze bindmiddelen en of gekleurd asfalt met een kleurloos bindmiddel wel circulair en Arbo-technisch verantwoord is. Recent onderzoek laat zien dat deze beweringen/twijfels ongegrond zijn en dat met een kleurloos bindmiddel verantwoord een kwalitatief hoogwaardig warm mix asfalt kan worden geproduceerd.

In deze paper zal worden ingegaan op de specifieke aspecten met betrekking tot pigmenteerbare (kleurloze) bindmiddelen en hoe deze het beste in de praktijk toegepast kunnen worden. Dit door middel van een simulatieproef met betrekking tot Arbo-technische aspecten in het laboratorium. Tevens zal worden ingegaan op de circulaire aspecten van gekleurd asfalt.

Steekwoorden: synthetisch pigmenteerbare bindmiddelen, gekleurd asfalt, kleurloze bindmiddelen, circulariteit, warm mix asfalt (WMA).

1. Inleiding

Ter bevordering van de verkeersveiligheid worden in Nederland en ook steeds vaker in het buitenland gekleurde verhardingen toegepast, zoals rood, blauw of geel gekleurde fietsstroken, kruisingen en plateaus. Er bestaat geen eenduidige methode om gekleurde verhardingen te produceren. De volgende methoden kunnen worden onderscheiden:

- Oppervlakbehandeling met gekleurde steenslag;
- Gekleurde epoxyhars coating;
- Gekleurd asfalt met zwarte bitumen;
- Gekleurd asfalt met niet-polymeer gemodificeerde kleurloze bindmiddelen;
- Gekleurd asfalt met polymeer gemodificeerde kleurloze bindmiddelen.

Gekleurde wegdekken kunnen op verschillende manieren worden ingezet. Naast accentuering voor de verkeersveiligheid, dragen licht gekleurde wegdekken (geel/wit) bij tot CO₂ reductie door reducering van verlichting en reductie van hittestress in stedelijk gebied.

In de markt is echter twijfel ontstaan of deze synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen nog wel toegepast kunnen worden, vanwege verwerkings- en Arbo-technische redenen. Terwijl dit type gekleurd asfalt wel het beste resultaat geeft zowel qua kleur alsook levensduur. Recent onderzoek laat zien dat deze beweringen/twijfels ongegrond zijn en dat met een kleurloos bindmiddel verantwoord een kwalitatief hoogwaardig warm mix asfalt kan worden geproduceerd.

In deze bijdrage zal dieper worden ingegaan op de specifieke aspecten van pigmenteerbare (kleurloze) bindmiddelen en hoe deze het beste in de praktijk toegepast kunnen worden. Tevens zal worden ingegaan op de circulaire en Arbo-technische aspecten van gekleurd asfalt.

2. Gekleurd asfalt in de praktijk

De verschillende technieken om een gekleurd wegdek te realiseren zijn zowel kwalitatief als in kostprijs duidelijk verschillend van elkaar. Een bitumineuze oppervlakbehandeling met gekleurde steenslag zal het goedkoopst zijn. De weersomstandigheden tijdens aanleg bepalen dan in sterke mate de levensduur. Als de steenslag niet goed hecht met de emulsie is de levensduur zeer kort (o.a. bij aanleg onder slechte weersomstandigheden). Dit geldt ook voor een epoxyhars coating (deze kan alleen op een droge ondergrond worden aangebracht).

Kleurasfalt wordt vaak geproduceerd met standaard zwarte bitumen en een hogere hoeveelheid pigment, vanwege de initiële kostenbesparing ten opzichte van kleurloos bindmiddel. Een nadeel hiervan is dat de kleur veel donkerder is dan mogelijk is met kleurloos bindmiddel. Ook kan de verouderingsweerstand enigszins afnemen door de wisselende kwaliteit van zwarte bitumen en het overmatig gebruik van pigmenten. Dit kan ontstaan doordat bepaalde soorten bitumen niet goed samengaan met een hoge dosering pigmenten. In sommige gevallen kan dit resulteren in een enigszins "droog" asfaltmengsel dat moeilijk lijkt te verdichten, zelfs direct na het asfalteren. Dit risico doet zich niet voor bij een synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel.

Gekleurd asfalt met kleurloze bindmiddelen geeft in het algemeen de beste kwaliteit. Wel zal een niet-gemodificeerde (laagwaardig) kleurloos bindmiddel slechter presteren dan een standaard zwart asfalt. Dit zal zich dan uiten in vroegtijdige rafeling. Doordat er weinig onderzoek is uitgevoerd naar de eigenschappen op laboratorium schaal kan alleen op basis van visuele inspecties een indruk worden verkregen van de prestaties. Hier zou meer onderzoek naar gedaan moeten worden.

2.1 Praktijksituaties

Om de prestaties te beoordelen van gekleurde wegvakken zijn in de regio Koggenland / Beemster diverse locaties met rood asfalt visueel beoordeeld (in 2019). De exacte datum van aanleg is van de meeste locaties niet bekend, maar ze zijn minimaal 10 jaar oud. Uit deze summiere inspectie blijkt dat op de locaties waar een polymeer gemodificeerd kleurloos bindmiddel is toegepast, het schadebeeld beperkt is ten opzichte van de (goedkopere) varianten. De niet gemodificeerde variant is vooral in het verleden vaak toegepast, in situaties waar deze niet geschikt voor was zoals in verkeersdrempels. Met vroegtijdige schade tot gevolg.

Oppervlakbehandeling



Afbeelding 1: Links bitumineuze oppervlakbehandeling.

Afbeelding 2: Rechts rode epoxy coating (met links rood asfalt met kleurloos bindmiddel).

Een bitumineuze oppervlakbehandeling met afgestrooide rode steenslag geeft een heldere rode kleur. De toepassing is niet geschikt voor locaties met veel verkeer. Dit zal resulteren in snelle slijtage.

Gekleurd asfalt met zwarte bitumen



Afbeelding 3 en 4: Typisch schadebeeld van rood asfalt met zwarte bitumen. Exacte datum van aanleg is niet bekend, maar vermoedelijk minder dan 10 jaar geleden.

Gekleurd asfalt met kleurloos bindmiddel



Afbeelding 5 en 6: Typisch schadebeeld van rood asfalt met niet gemodificeerd kleurloos bindmiddel. Datum van aanleg voor de situatie links was rond 2004. Hier was in 2019 duidelijk rafeling zichtbaar, maar dit gold ook voor het tussenliggende (zwarte) asfalt.



Afbeelding 7 en 8: Rood asfalt met gemodificeerd kleurloos bindmiddel. Afgezien van randschade verder geen schade in 2019.

Een gekleurd asfalt met een (gemodificeerd) kleurloos bindmiddel zal zich gedragen als een standaard zwart asfalt. Vervormingen uit de ondergrond (zoals verzakkingen en wortelgroei) uiten zich dan ook in het asfalt en kunnen zichtbaar worden aan het oppervlak (zie afbeelding 10).

Op basis van visuele (summiere) beoordelingen kan dus gesteld worden dat met een gekleurd asfalt met een gemodificeerd kleurloos bindmiddel in de praktijk de beste kwaliteit gekleurd asfalt wordt verkregen. De kwaliteit is afhankelijk van het type kleurloos bindmiddel en kan dus variëren. Doordat gekleurd asfalt met een kleurloos bindmiddel niet CE-plichtig is, zijn er weinig gegevens over de asfalteigenschappen. Visuele inspecties laten wel zien dat een gemodificeerd kleurloos bindmiddel beter presteert in vergelijking tot een niet gemodificeerde variant.

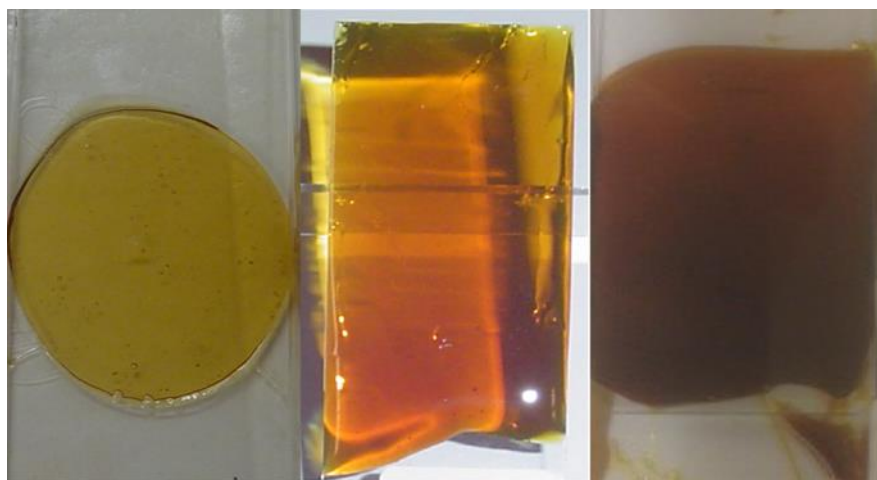


Afbeelding 9 en 10: Fietspad met gemodificeerd kleurloos bindmiddel aangelegd in 2005. Afgezien van wortel en randschade verder geen schade in 2023.

3. Synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel

Synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen hebben als voordeel dat met relatief weinig pigment een heldere kleur asfalt kan worden verkregen. Dit in tegenstelling tot conventionele zwarte bitumen waarmee met 5% (poeder)pigment nog steeds een donkere kleur wordt verkregen. Voor kleurloze bindmiddelen bestaat er in Nederland geen normering. Hierdoor kunnen er kleurloze bindmiddelen op de markt zijn met matige prestaties welke voor de verkeerde toepassing worden toegepast. Voor de Belgische markt heeft COPRO dan ook specificaties opgesteld welke opgenomen zijn in PTV 858 [1].

Synthetisch pigmenteerbare bindmiddelen bestaan in het algemeen uit petrochemische componenten afkomstig van aardolie (net zoals conventionele bitumen). Met de juiste compositie van componenten in een synthetisch bindmiddel kunnen dan de eigenschappen van een conventioneel (gemodificeerd) bitumen worden gesimuleerd met een licht bruine kleur (zie afbeelding 10) [2]. Afhankelijk van de leverancier en producttype kunnen de eigenschappen wel verschillen van lage kwaliteit standaard bitumen tot hoge kwaliteit polymeer gemodificeerde bitumen. Afhankelijk van het type bindmiddel moet dan ook hierop de asfalt meng- en verwerkingstemperatuur worden afgestemd [3].



Afbeelding 11: Typische kleur van een kleurloos bindmiddel op een glasplaatje.

3.1 Asfaltmengtemperatuur

Door de specifieke samenstelling van synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen is het belangrijk dit type bindmiddel niet boven de door de leverancier aanbevolen temperaturen te verhitten en te mengen. Doordat het synthetische bindmiddel weinig grote (donker gekleurde) zware moleculen bevat, kan er bij te hoge temperaturen eerder kans zijn op degradatie van het bindmiddel met overmatige dampvorming tot gevolg. Goed te beseffen is dat de viscositeit van deze speciale bindmiddelen bij hogere temperaturen lager ligt dan van conventionele bitumen bij dezelfde temperatuur. In de praktijk betekent dit dat de mengtemperatuur van gekleurd asfalt met een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel lager zal zijn dan voor een standaard asfalt.

Tevens is ook het pigment zelf gevoelig voor te hoge temperaturen. Bepaalde kleurpigmenten kunnen bij te hoge temperaturen destabiliseren en veranderen van kleur. Het is dan ook belangrijk dit type asfalt bij de juiste temperaturen te produceren en hier daadwerkelijk op te letten. In de praktijk worden soms te hoge mengtemperaturen gehanteerd. Dit geeft een makkelijk te verwerken asfaltmengsel, maar kan ook leiden tot onnodige emissie van asfaltdampen met geurklachten tot gevolg.

Door nieuwe ontwikkelingen in de markt is het ook mogelijk om warm mix asfalt (WMA) te produceren (lage temperatuur asfalt) met synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen. Met deze zogenaamde LT bindmiddelen is het mogelijk om bij een 30 °C lagere temperatuur asfalt te produceren (120-140 °C) en te verdichten (120-130 °C) ten opzichte van de standaard gebruikelijk temperaturen. Door de 30 °C lagere temperatuur zal naast een besparing op gas ook de uitstoot van vluchtige bestanddelen tijdens de productie en verwerking aanzienlijk minder zijn. De verklaring voor de substantiële reductie van damp-vorming bij lage temperaturen is dat het kookpunt van 90% van de bestanddelen van synthetische kleurloze bindmiddelen boven de 140° C ligt [4]. Dit past binnen de intentie van Bouwend Nederland om per 2025 te stoppen met productie van wegenbouw-asfalt op hoge temperatuur [5].

3.2 Kenmerken synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen

Voor synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen zijn er zoals eerder genoemd geen (Europese) specificaties. Doordat met deze bindmiddelen wel standaard (gemodificeerde)-bitumen worden gesimuleerd kunnen deze bindmiddelen wel worden gekarakteriseerd volgens de bitumennorm voor polymeer gemodificeerde bitumen (EN 14023).

In onderstaande tabel zijn de door de leverancier opgegeven specificaties van in Nederland veel toegepaste (polymeer gemodificeerde) synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen weergegeven. Product A betreft een niet polymeer gemodificeerde variant. Product B en C zijn wel polymeer gemodificeerd.

Tabel 1: Specificaties veel toegepaste synthetisch pigmenteerbare bindmiddelen in Nederland.

Eigenschap		Eenheid	Product A	Product B	Product B (LT)	Product C (LT)
Penetratie		[dmm]	70-100	70-100	70-100	50-70
Verwekingspunt		[°C]	40-50	50-60	50-60	≥ 65
Breekpunt van Fraaß		[°C]	-	≤ -10	≤ -10	≤ -10
Elastische terugvering		[%]	-	≥ 70	≥ 70	-
Viscositeit	135 °C	[mPa.s]	150-250	500-700	500-700	< 500
	185 °C	[mPa.s]	-	100-200	100-200	-
Aanbevolen mengtemperatuur		[°C]	150	160	120-140	140-160

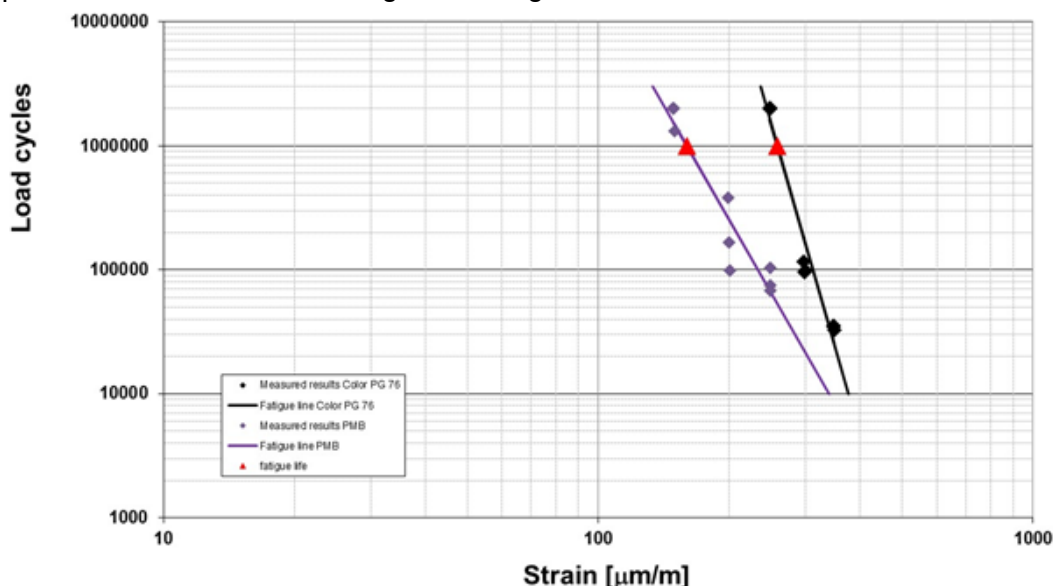
3.3 Kwaliteit asfalt met synthetisch pigmenteerbare kleurloos bindmiddel

De te verkrijgen asfaltkwaliteit is afhankelijk van het type toegepaste synthetisch pigmenteerbare kleurloos bindmiddel. De kwaliteit van het bindmiddel kan variëren tussen standaard penetratiebitumen tot hoogwaardige polymeer gemodificeerde kwaliteit. In onderstaande tabel 2 en figuur 1 zijn de asfalteigenschappen als voorbeeld weergegeven tussen een hoogwaardig PG76 synthetisch bindmiddel en een standaard polymeer gemodificeerd bitumen (PmB).

Tabel 2: 4-puntsbuigeigenschappen CE-asfalt Color PG76 en een standaard PmB.

Eigenschap	Color PG 76	PmB	Eenheid
Stijfheid S_{mix} (8Hz)	5153	7698	[MPa]
Weerstand tegen vermoeiing ε_6	258	160	[$\mu\text{m}/\text{m}$]
Weerstand tegen spoorvorming f_c	0,04	-	[$\mu\text{m}/\text{m}/\text{puls}$]

Uit de tabel blijkt dat een synthetisch pigmenteerbare kleurloos bindmiddel minimaal aan de prestaties van een standaard PmB kan voldoen (de weerstand tegen vermoeiing en spoorvorming is zeer hoog). Vroegtijdig falen op mechanische eigenschappen is voor dit type bindmiddel dan ook niet te verwachten. De stijfheid is door de modificatie wel lager, maar deze parameter is voor een deklaag niet maatgevend.



Figuur 1: Vergelijk vermoeiingslijn Color PG76 en standaard PmB 4-puntsbuigonderzoek.

3.4 Arbo aspecten synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen

Zoals eerder genoemd wordt gekleurd asfalt op dezelfde wijze geproduceerd als een regulier asfalt met standaard bitumen. Doordat de bitumen echter is vervangen door een synthetisch kleurloos bindmiddel gedraagt een dergelijk gekleurd asfaltmengsel zich niet 100% gelijk als een standaard asfaltmengsel. Door de aard van het kleurloze bindmiddel is dit type asfalt gevoeliger voor (te) hoge temperaturen bij de asfaltproductie. Belangrijk is het dan ook om de maximaal aanbevolen mengtemperaturen opgegeven door leverancier niet te overschrijden. Gezien het kookpunt van deze bestanddelen [4], is het mogelijk om de emissies van deze componenten te voorkomen als deze asfaltmengsels bij lage temperatuur worden geproduceerd/verwerkt.

Met behulp van de onder beschreven massaverlies methode met de thermobalans kan op eenvoudige wijze het effect van de temperatuur worden vastgesteld. Op een meer

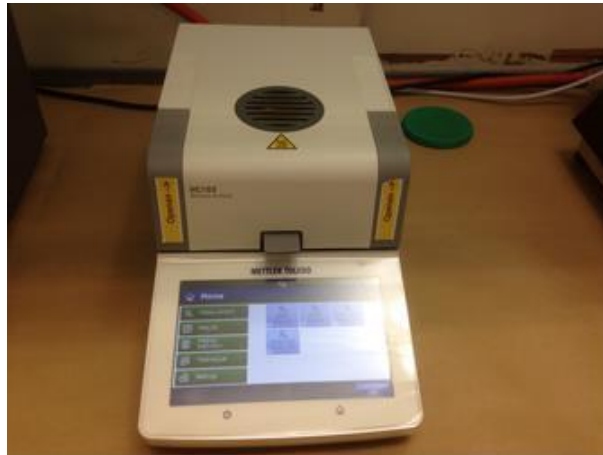
kwantitatieve wijze kan met behulp van een GC-MS (massaspectrometrie) test de aard van de damp worden vastgesteld.

Massaverlies thermobalans

Bepaling massaverlies bij 160 en 180 °C gedurende 4 uur.

Apparatuur

- Thermobalans (Mettler-Toledo HC 103):



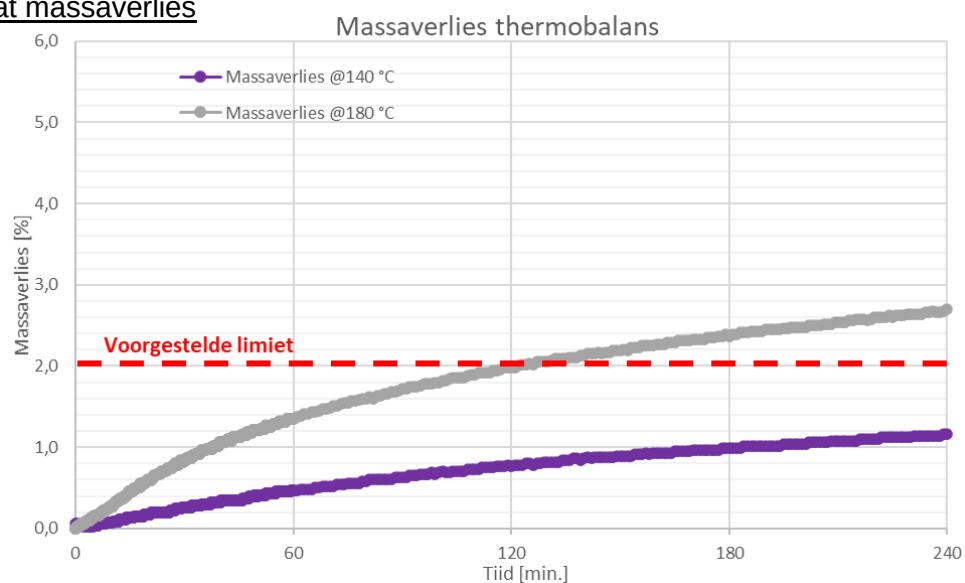
Werkwijze

- Weeg ongeveer 5 gram bitumen af in het aluminiumschaaltje (zoveel als nodig om het schaalte met een dunne en gelijkmatige laag te bedekken).
- Bepaal het massaverlies (LOD – loss on drying) gedurende 4 uur bij 160 °C.
- Herhaal de proef met een nieuw monster bij 180 °C.
- Zet het resultaat in een grafiek (massaverlies uitgezet tegen de tijd [minuten]).

Resultaat

- Grafiek met massaverlies uitgezet tegen de tijd.
- Massaverlies na 4 uur (240 minuten).

Resultaat massaverlies



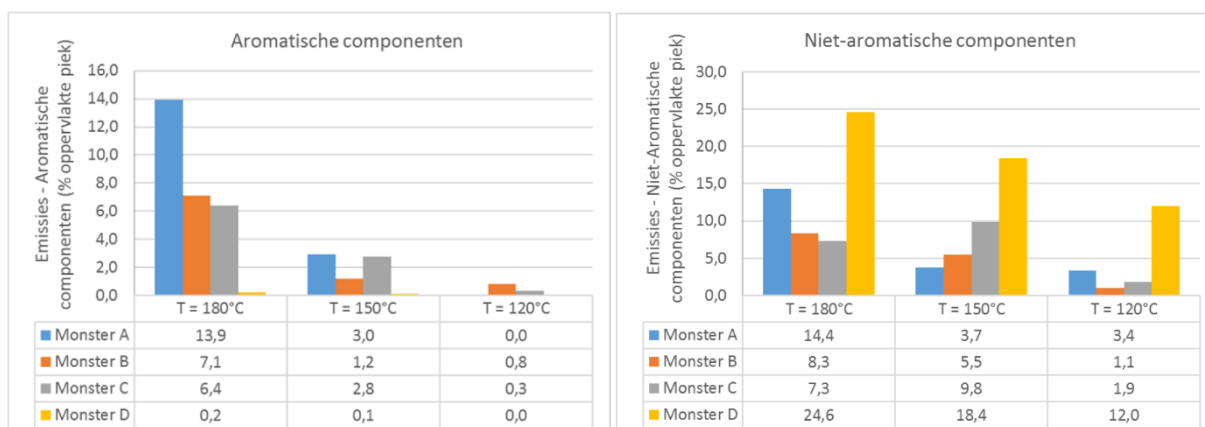
Figuur 2: Massaverliescurve polymeer gemodificeerd kleurloos bindmiddel bij 140 en 180 °C.

Uit figuur 2 blijkt duidelijk het temperatuureffect op het massaverlies. Dit massaverlies heeft in de praktijk een relatie tot de uitstoot van dampen van het bindmiddel. Verwerking bij een lagere temperatuur is hierbij gunstiger. Asphalt verwerking als warm mix asphalt bij lagere temperaturen heeft dan ook de voorkeur.

Headspace GC-MS

Met de headspace GC-MS kan de dampvorming van een substantie worden gekwantificeerd. De methode bestaat uit een gaschromatograaf en een massaspectrometer. De gaschromatograaf zorgt voor scheiding van de verschillende componenten, waarna identificatie volgt door middel van een massaspectrometer. Door een (kleurloos)-bindmiddelmonster in een afgesloten monsterflesje gedurende bepaalde tijd op te warmen bij de gewenste proeftemperatuur (voor bindmiddelen relevante temperaturen 120, 150 en 180 °C). De ontstane vluchtige componenten kunnen vervolgens worden geïnjecteerd in de gaschromatograaf en verder worden geanalyseerd.

Onderzoek [4] tussen 3 types synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen in vergelijking tot een standaard bitumen 70/100 laat zien dat de kleurloze bindmiddelen zich kenmerken door een hogere emissie van aromatische componenten in vergelijking tot standaard bitumen. De emissie van niet-aromatische componenten zijn juist voor een standaard bitumen hoger dan voor kleurloze bindmiddelen. Dit verklaart dat kleurloze bindmiddelen een meer specifieke geur hebben dan standaard bitumen. In figuur 3 en 4 is de relatieve emissie bij verschillende temperaturen van aromatische en niet aromatische componenten voor de verschillende onderzochte kleurloze bindmiddelen en een referentie bitumen grafisch weergegeven.



Figuur 3 en 4: Relatieve emissie aromatische en niet-aromatische componenten uitgezet tegen de temperatuur van kleurloze bindmiddelen (monster A, B en C) en referentie bitumen 70/100 (monster D) [4].

Uit de resultaten is het duidelijk te zien dat de emissie van kleurloze bindmiddelen bij een temperatuur van 180°C voornamelijk aromatische componenten bevatten. De meest voorkomende stoffen zijn Indene en Cumene met de C_9H_x moleculaire structuur. Deze componenten veroorzaken prikkeling en hoest bij inademen en roodheid en pijn/irritatie in contact met ogen en hebben ook een typerende geur.

Bij lagere temperaturen neemt de emissie van de aromatische componenten drastisch af (80-90% reductie). De verklaring hiervoor is dat het kookpunt van de aromatische componenten gemiddeld boven de 140 °C liggen. Dit betekent dat verwerking van kleurloze bindmiddelen als LT (lage temperatuur) variant een vergelijkbare emissie dampen zal hebben als een standaard bitumen (voornamelijk emissie van niet-aromatische bestandsdelen).

Opgemerkt moet worden dat zichtbare dampvorming tijdens het asfalteren niet automatisch betekent dat er emissie is van schadelijke stoffen. Asfalteren op een vochtige ondergrond zal bijvoorbeeld veel waterdamp genereren.

4. Simulatieproef emissies gekleurd asfalt

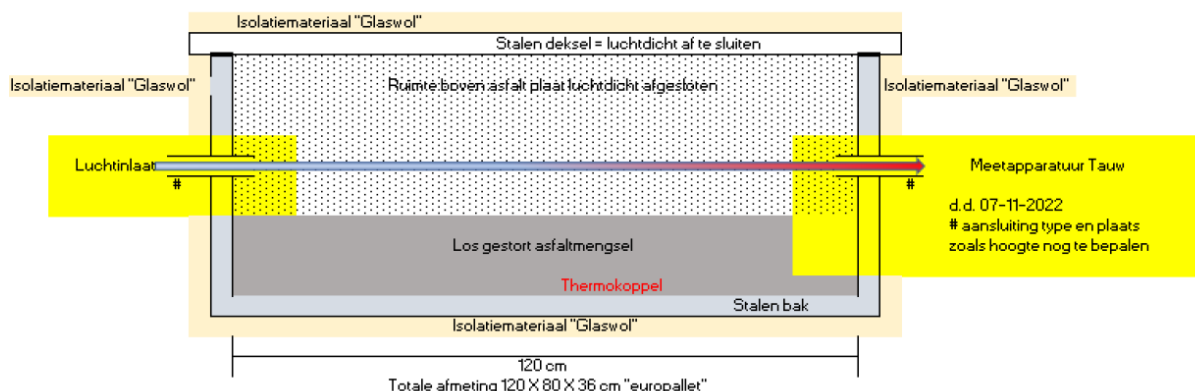
Bij de productie en verwerking van asfalt komen emissies vrij. Voor een veilige verwerking moeten deze emissies zo laag mogelijk zijn. In het laboratorium van Ooms Producten is een onderzoek uitgevoerd om deze emissies tijdens het verhardingsproces te kwantificeren voor een rood gekleurd asfaltmengsel met een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel [5]. Hiervoor werden in het laboratorium 3 batches van 120 kg asfalt vervaardigd en in een afgesloten container van 1 m² geplaatst bij een mengtemperatuur van 130-140 °C (simulatie transport asfaltmengsel). De emissies werden gedurende 3 uur verzameld in een actief koolbuisfilter voor het Tauw-blootstellingsonderzoek en in een separaat filter volgens de IFA-methode 6305-2. De hoeveelheid verzamelde emissie in de filters en kwantificering van componenten voor het Tauw-blootstellings-onderzoek, werden bepaald door externe laboratoria.

Evenzo werden 3 batches asfalt geproduceerd voor de emissiemeting tijdens het afkoelen (simulatie emissie tijdens het asfalteren). Hiervoor werd het gemengde asfalt in de open ruimte van het laboratorium geplaatst en werden de emissies eveneens gedurende 3 uur verzameld voor het Tauw-blootstellingsonderzoek en de IFA-methode.

Het gebruikte asfaltmengsel was een AC 11 surf met 5,8% synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel 70/100 (LT) met Cloburn rood aggregaat en low dust pigment. Het asfalt werd gemengd bij temperaturen tussen 130-140 °C.

Situatie A Fingerprint – bepaling samenstelling van de emissie

De meetopstelling voor situatie A: Bepaling samenstelling van de emissie in een afgesloten ruimte (worst-case scenario) is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 5: Schematische weergave testopstelling emissie gedurende transport.

De verzamelde filters zijn voor het Tauw- blootstellingsonderzoek onderzocht op de volgende componenten (en verwante verbindingen), welke op basis van het headspace GC-MS onderzoek het meest verdacht zijn.

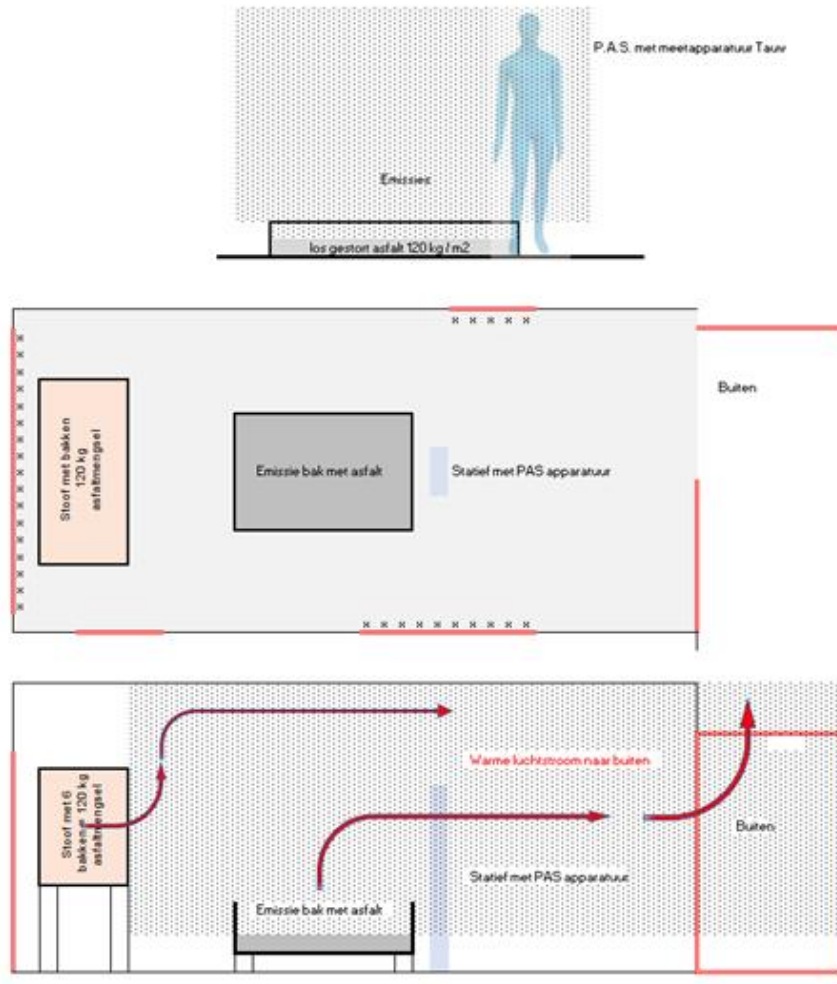
Tabel 3: Onderzochte componenten

CAS nummer	Stofnaam
91-20-3	Naftaleen
95-13-6	Indeen
98-82-8	Cumeen
100-42-5	Styreen (verbindingen)
Vluchtige stoffen	TVOC
7783-06-4	Waterstofsulfide (H ₂ S)

De verzamelde filters voor de IFA-methode zijn alleen geanalyseerd op totale hoeveelheid emissie.

Situatie B emissie tijdens verwerken asfalt

De meetopstelling voor situatie B: Bepaling emissie in de open ruimte (simulatie emissie tijdens het asfalteren) is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 6: Schematische weergave testopstelling emissie gedurende verwerking van asfalt.

Het verzamelen van de emissie in de filters vond plaats in de nabijheid van de open bak met heet asfalt in de luchtstroom naar buiten. Analyse van de verzamelde filters was gelijk aan die voor situatie A.

4.1 Resultaten Tauw-blootstellingsonderzoek

In tabellen 4 en 5 zijn de metingen van het blootstellingsonderzoek samengevat. De volledige resultaten zijn opgenomen in het Tauw rapport [6].

Tabel 4: Meetresultaten luchtmetingen situatie A (fingerprint)

Component	Cas nr	Concentratie	Concentratie	Concentratie	GSW
		mg/m3	mg/m3	mg/m3	mg/m3
		Meting 1	Meting 2	Meting 3	TGG 8 uur
Hydrogen sulfide	4-6-7783	< 0,03	< 0,03	< 0,03	2,3
Cyclohexane	110-82-7	< 0,11	< 0,11	< 0,11	700
n-Hexane	110-54-3	0,15	0,11	0,25	72
Heptane	142-82-5	0,27	0,23	0,5	1.200
n-Pentane	109-66-0	< 0,11	< 0,11	0,31	1.800
iso-Pentane	78-78-4	< 0,11	< 0,11	< 0,11	1.800
Neopentane	463-82-1	< 0,11	< 0,11	< 0,11	1.800
1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	< 0,11	< 0,11	< 0,11	100
Benzene	71-43-2	< 0,11	< 0,11	< 0,11	0,7
o-Xylene	95-47-6	< 0,11	< 0,11	0,19	221
1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	0,13	0,14	0,28	100
1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	< 0,11	< 0,11	< 0,11	100
Styrene	100-42-5	0,46	0,43	0,88	85
Toluene	108-88-3	0,19	0,15	0,28	150
Ethylbenzene	100-41-4	0,37	0,32	0,61	215
Cumeen (Isopropylbenzene)	98-82-8	3	2,84	5,14	50
m+p-Xylenes	179601-23-1	0,23	< 0,22	0,4	210
alpha-Methylstyrene	98-83-9	1,04	1,06	2,43	20
Naphthalene	91-20-3	< 0,11	< 0,11	0,23	50
Indene	95-13-6	2,73	3,56	7,74	45
C6-C12 hydrocarbons	-	4,42	3,84	8,3	-
TVOC	-	40,9	42,85	88,49	-
Temperatuur [°C]	-	131	133	138	

Uit de meting voor situatie A waarbij de dampvorming in een afgesloten ruimte is gemeten blijkt dat ook in dit 'worst-case' scenario de grenswaarde (GSW) als tijd-gewogen-gemiddelde (TGG) niet wordt overschreden. Duidelijk is wel te zien dat de emissie toeneemt met een oplopende temperatuur (ongeveer factor 2 bij 10 °C stijging). De grenswaarde (GSW) is een concentratieniveau van een gas, damp, aerosol, vezel of van stof in de lucht op de werkplek. Bij de vaststelling van deze waarde wordt zoveel mogelijk als uitgangspunt gehanteerd dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers niet wordt benadeeld. Zelfs niet bij herhaalde blootstelling aan die concentratie, gedurende een langere tot zelfs een arbeidsleven omvattende periode.

Uit de meting voor situatie B waarbij de dampvorming in de open ruimte is gemeten (simulatie emissie achter de asfaltspreidmachine) blijkt dat in dit geval de emissie in alle gevallen onder de detectiegrens te liggen en daarmee ruim onder de grenswaarde (GSW) als tijd-gewogen-gemiddelde (TGG).

Alle concentraties liggen onder 10% van de GSW behalve voor benzeen. Voor de component benzeen is het niet mogelijk om met het aangezogen debiet in 3 uur tijd lager te rapporteren dan 16% GSW.

Tabel 5: Meetresultaten luchtmetingen situatie B (open ruimte)

Component	Cas nr	Concentratie mg/m ³	Concentratie mg/m ³	Concentratie mg/m ³	GSW mg/m ³
		Meting 1	Meting 2	Meting 3	TGG 8 uur
Hydrogen sulfide	4-6-7783	< 0,11	< 0,11	< 0,11	2,3
Cyclohexane	110-82-7	< 0,11	< 0,11	< 0,11	700
n-Hexane	110-54-3	< 0,11	< 0,11	< 0,11	72
Heptane	142-82-5	< 0,11	< 0,11	< 0,11	1.200
n-Pentane	109-66-0	< 0,11	< 0,11	< 0,11	1.800
iso-Pentane	78-78-4	< 1,06	< 1,06	< 1,06	1.800
Neopentane	463-82-1	< 0,53	< 0,53	< 0,53	1.800
1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8	< 0,11	< 0,11	< 0,11	100
Benzene	71-43-2	< 0,11	< 0,11	< 0,11	0,7
o-Xylene	95-47-6	< 0,11	< 0,11	< 0,11	221
1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	< 0,11	< 0,11	< 0,11	100
1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	< 0,11	< 0,11	< 0,11	100
Styrene	100-42-5	< 0,11	< 0,11	< 0,11	85
Toluene	108-88-3	< 0,11	< 0,11	< 0,11	150
Ethylbenzene	100-41-4	< 0,11	< 0,11	< 0,11	215
Cumeen (Isopropylbenzene)	98-82-8	< 0,21	< 0,21	< 0,21	50
m+p-Xylenes	179601-23-1	< 0,11	< 0,11	< 0,11	210
alpha-Methylstyrene	98-83-9	< 0,11	< 0,11	< 0,11	20
Naphthalene	91-20-3	< 0,11	< 0,11	< 0,11	50
Indene	95-13-6	< 0,11	< 0,11	< 0,11	45
C6-C12 hydrocarbons	-	< 0,11	< 0,11	< 0,11	-
TVOC	-	< 0,11	< 0,11	< 0,11	-
Temperatuur [°C]	-	140	133	135	-

4.2 Resultaten IFA-methode

De in de filters verzamelde emissie is voor de totale emissie volgens de IFA-methode geanalyseerd door het Aneco-laboratorium in Duitsland. De resultaten van de analyse staan in onderstaande tabellen.

Tabel 6: Emissie afgesloten ruimte

Situatie	Asfalt	Bindmiddel	Temperatuur [°C]	Emissie [mg/m ³]
A1	AC 11 surf	Color 70/100 LT	131	74
A2	AC 11 surf	Color 70/100 LT	133	72
A3	AC 11 surf	Color 70/100 LT	138	97
Gemiddeld			134	81

Tabel 7: Emissie in open ruimte

Situatie	Asfalt	Bindmiddel	Temperatuur [°C]	Emissie [mg/m ³]
B1	AC 11 surf	Color 70/100 LT	140	0,9
B2	AC 11 surf	Color 70/100 LT	133	0,7
B3	AC 11 surf	Color 70/100 LT	135	0,4
Gemiddeld			136	0,7

Uit tabel 7 blijkt dat de emissie van dampen en aërosolen in de open ruimte zoals tijdens het asfalteren van een asfaltmengsel met een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel lager te zijn dan de voorgestelde maximale waarde van 1,5 mg/m³ tijdens het asfalteren (op basis van Duitse richtlijn).

5. Circulariteit gekleurd asfalt

Asfalt wordt in Nederland op grote schaal hergebruikt in de vorm van partiële recycling (PR) in nieuw asfalt. Recycling kan zowel met standaard asfalt alsook met oud polymeer-gemodificeerd asfalt (PmA) en gekleurd asfalt met kleurloze bindmiddelen zonder problemen en zonder veel inspanning worden toegepast tot percentages van 60-70% PR voor onderlagen (AC base asfalt). De verkregen kwaliteit van het nieuwe asfalt is tot op heden minimaal vergelijkbaar met de kwaliteit van standaard asfalt zonder PR. Dit is mogelijk doordat een kleurloos bindmiddel volledig compatibel is met (verjongings)bitumen en tevens nog actieve polymeren bevat. Dit omdat de samenstelling van een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel uit ingrediënten bestaat welke ook in gemodificeerde bitumen kunnen worden toegepast. Hergebruik van gekleurd asfalt met een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel is dan ook geen enkel probleem.

Toepassen in een standaard (zwarte) deklaag verdient niet de voorkeur vanwege de afwijkende kleur steenslag. Belangrijk is het dus wel om in een dergelijk geval het gekleurde asfaltgranulaat goed te homogeniseren door het bestaande asfaltgranulaat. Anders bestaat er kans op verkleuringen zichtbaar op het wegdek na afslijten van de nieuwe bitumen aan het oppervlak.

Horizontale recycling van kleurasfalt-granulaat kan wel een significante bijdragen leveren aan het realiseren van de doelstellingen van de wegbeheerders om te komen tot duurzamere asfaltmengsels. Vanwege logistieke redenen wordt kleurasfalt-granulaat bij de asfaltcentrale momenteel niet apart gehouden. Mocht dit in de toekomst wel het geval zijn dan zou op eenvoudige wijze ook een kleurasfalt kunnen worden geproduceerd met gerecycled asfalt. Door de afwijkende kleur van standaard (zwart) asfaltgranulaat is het niet zinvol dit materiaal in gekleurd asfalt toe te passen.

6. Discussie

Met de juiste selectie van materialen is het mogelijk om gekleurd asfalt te produceren met een levensduur minimaal gelijk aan standaard (zwart) asfalt. Voor een heldere kleur is het toepassen van een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel hierbij nodig. Synthetisch pigmenteerbare bindmiddelen hebben andere eigenschappen dan verwacht mag worden dan van conventionele penetratiebitumen. Bij het mengen in de asfaltcentrale moet hier dan ook rekening mee worden gehouden. Indien de juiste productie- en verwerkingsvoorschriften worden toegepast dan zijn er geen aanwijzingen dat dit gekleurde asfalt zowel kwalitatief alsook Arbo-technisch problemen zal opleveren. Dit in tegenstelling tot het alternatief waarbij aan zwarte bitumen additieven worden toegevoegd. Dit asfalt lijkt in de praktijk een kortere levensduur te hebben.

Alleen door afwijking van de instructies (te hoge mengtemperatuur) bij het gebruik van een kleurloos bindmiddel kan overmatige damp- en emissievorming ontstaan. Deze afwijking kan leiden tot zintuiglijke overlast. Dit geldt niet alleen voor synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen maar voor bindmiddelen in het algemeen. Door de toepassing van kleurloze bindmiddelen in een warm mix asfalt variant (WMA) is de productietemperatuur van het asfalt zodanig (lager dan 140 °C) dat de kans op zintuiglijke effecten gereduceerd is tot nihil en vergelijkbaar is met conventionele bindmiddelen. Deze nieuwe ontwikkelingen is mogelijk op basis van warm mix asfalt technologie welke ook in combinatie met synthetisch pigmenteerbaar kleurloze bindmiddelen mogelijk is, zorgt voor verbeterde verwerkings-eigenschappen bij lagere asfalttemperaturen en aanzienlijke reductie van dampen tijdens productie en verwerking van het asfalt.

Het emissie-onderzoek van de verwerking van gekleurd asfalt met een synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel toont aan dat in de verwerkingsfase van het asfalt de emissie van verdachte componenten ruim onder de 10% grenswaarde blijft zoals opgenomen in de Arbo-normen bij de aanbevolen verwerkingstemperaturen van 130-140 °C.

Ook de emissie in een opslagbak (worst-case scenario) blijft binnen de grenswaarde. Opgemerkt hierbij moeten worden dat bij emissie in een afgesloten niet geventileerde ruimte, zoals in de asfaltcentrale, de emissie altijd boven de gestelde normen zou kunnen komen. Net zoals bij het gebruik van standaard bitumen.

Onderzoek op basis van de totale emissie van dampen aërosolen volgens de IFA-methode 6305-2 bevestigen de bevindingen van het Tauw-blootstellingsonderzoek. Emissie van dampen en aërosolen in de open ruimte zoals tijdens het asfalteren van een asfaltmengsel is lager dan de voorgestelde maximale waarde van 1,5 mg/m³ op basis van Duitse regelgeving tijdens het asfalteren.

Aangetoond is dat een synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel volledig compatibel is met bestaande bitumen. Recycling van gekleurd asfalt is dan ook volledig mogelijk. Bij recycling in conventioneel asfalt is het wel belangrijk om het gekleurde asfaltgranulaat goed te homogeniseren door het 'zwarte' asfaltgranulaat om problemen in kleur te voorkomen. Voor PR asfalt geldt in algemene zin dat de optimalisatie zit in de logistieke kant; gescheiden opslag en opwerking van materialen. Ditzelfde geldt ook voor gekleurd asfalt met synthetisch pigmenteerbaar kleurloos bindmiddel. Deze optimalisatie zie je terug in de markt bij de totstandkoming van zogenaamde asfaltbanken

Op grond van praktijkervaring is er dan ook geen enkele aanwijzing dat synthetisch pigmenteerbare kleurloze bindmiddelen minder duurzaam en circulair zou zijn dan de momenteel voorhanden zijnde alternatieven. Meer onderzoek is nodig om dit goed te kunnen onderbouwen.

7. Referenties

- [1]. PTV 858; [Technische voorschriften voor synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel](#); COPRO, 2018.
- [2]. Plug, C.P.; Bondt, A.H. de; [Required mechanical properties of a clear binder for coloured asphalt concrete](#); 16th LJMU Pavement Engineering and Infrastructure Conference, Liverpool, UK, 2017.
- [3]. OCW Dossier 17; [Gekleurde asfaltmengsels](#); 2013
- [4]. Hagos, E.T.,; Onderzoek naar emissies van colorless bindmiddelen; Intern rapport 2021-08-30, Latexfalt, 2021.
- [5] Bouwend Nederland; [Asfaltsector stopt per 2025 met productie wegenbouwafval op hoge temperatuur](#); december 2022
- [6]. Tauw-rapport 1288277; Rapportage blootstellingsonderzoek; februari 2023.