

Benzeenemissie bij asfaltproductie

Opdrachtgever: VBW

Onderzoek: 4 asfaltcentrales

Periode: mei 2020 - juni 2021



PROJECT START-EIND	: mei 2020 - juni 2021	KLANT	: VBW
PROJECTNUMMER	: 1116	LOCATIE	: Zoetermeer
RAPPORT VERSIE	: 1	INSTALLATIE	: 4 asfaltcentrales
RAPPORT DATUM	: 2021-06-29	PROJECT DOEL	: Onderzoek benzeen emissie

DISTRIBUTIE		GEMAAKT DOOR	EMISSION CARE
INTERN	: SmA	ADRES	: Willem Arntszlaan 129 3734EE Den Dolder
EXTERN	: VBW	TEL / WEB	: T: +31 (0)30 6991164 www.emissioncare.nl




Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	2
PROJECTMEDEWERKERS EMISSION CARE.....	3
BENZEEN	3
INTRODUCTIE	4
SAMENVATTING.....	4
1. PROJECT OPZET EN UITVOERING.....	6
1.1. PRAKTIJKONDERZOEK	6
1.2. DATA ANALYSE	8
1.3. REDUCTIE OPTIES	8
2. HERKOMST VAN DE BENZEENEMISSION	10
2.1. WAAR ONTSTAAT BENZEENEMISSION	10
2.2. HOE ONTSTAAT BENZEENEMISSION.....	13
2.3. INVLOED VAN ASFALTMENGSELS OP DE BENZEENEMISSION	17
2.4. INVLOED STOFFILTER OP BENZEEN	18
3. REDUCTIE VAN BENZEENEMISSION	19
3.1. ONDERZOCHE BENZEEN REDUCTIEMAATREGELEN	19
3.2. NIET ONDERZOCHE BENZEEN REDUCTIEMAATREGELEN.....	20
4. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK.....	22
BIJLAGEN:	
BIJLAGE I PID METING (CONTINU) VERSUS ACTIEF KOOL (REFERENTIE).....	23

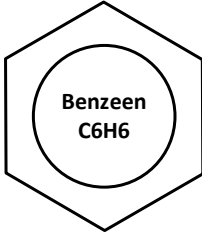


Projectmedewerkers Emission Care

Functie	Naam medewerker	Paraaf
Projectleider	A. Smit	

Benzeen

Benzeen is een koolwaterstof met de chemische formule C_6H_6 . Het is een aromatische (ringvormige) koolwaterstof met één dubbele ring. Benzeen is de eenvoudigste aromatische koolwaterstof ten opzichte van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen met een groot aantal ringen. Benzeen is een stabiele verbinding die bij kamertemperatuur voorkomt als een heldere kleurloze vloeistof met een onaangename geur. Benzeen is een apolair oplosmiddel dat slecht oplosbaar is in water. Benzeen is een carcinogene (kankerverwekkende) stof.

Parameter	Eenheid	Benzeen	
Structuurformule	-	C_6H_6	
Molgewicht	g/mol	78,1	
Smeltpunt	°C	5,5	
Kookpunt	°C	80,1	
Vlampunt	°C	-11	
Oplosbaarheid in water	g/l	1,79	
Dampdruk @ 25°C / 1 bar	Bar	0,11	



Introductie

De VBW onderzoekt de herkomst van benzeenemissie bij asfaltproductie. Bij de productie van asfalt komt regelmatig meer benzeenemissie vrij dan is toegestaan volgens de huidige wet- en regelgeving. Benzeen is een zeer zorgwekkende stof (kankerverwekkend), waarvan de emissie moet worden geminimaliseerd.

Dit onderzoek heeft tot doel de herkomst en oorzaak van de benzeenemissie te achterhalen. Tevens worden de mogelijkheden onderzocht om de benzeenemissie te voorkomen of te reduceren.

Opzet van het onderzoek

Over een periode van 13 maanden is de benzeenemissie gemeten bij 4 verschillende asfaltcentrales; 2 centrales met direct verwarmde zwarte trommels (meestroom), 1 centrale met een indirect verwarmde zwarte trommel (gasgenerator tegenstroom) en 1 centrale met een volledig indirecte verwarming. In een direct verwarmde trommel brandt een open vlam in de droogtrommel die de toegevoerde drooglucht en het materiaal verwarmt. Bij indirecte verwarming wordt de warmte van de vlam overgedragen naar het te drogen materiaal via een medium (lucht of trommelwand).

De metingen zijn uitgevoerd onder uiteenlopende omstandigheden met onder andere asfaltgranulaatpercentages variërend van 0 – 75%, asfalttemperatuur van 120 - 180°C, grote variëteit aan asfaltmengsels, hoge en lage productiecapaciteit en toevallige niet standaard operationele condities. Tijdens de metingen zijn de procesomstandigheden van de installaties geregistreerd. De verzamelde data is gebruikt om de herkomst van de benzeenemissie te onderzoeken. Tevens is gezocht naar relaties tussen procesomstandigheden en de benzeenconcentratie in de schoorsteen van de centrale. Aan het eind van de onderzoeksperiode zijn proeven gedaan om te onderzoeken of de benzeenemissie kan worden beïnvloed door aanpassingen in het productieproces.

Parallel aan het praktijkonderzoek bij de centrales wordt een laboratoriumonderzoek verricht naar het vrijkomen van benzeen uit asfaltgranulaat bij verwarming van het granulaat. Het laboratoriumonderzoek wordt niet in dit rapport uitgewerkt.

Samenvatting

De samenvatting is puntsgewijs opgezet. Alle uitspraken in de samenvatting zijn waar mogelijk zwart/wit gemaakt. Nuancering van de samenvatting is in het rapport aangegeven.

- De benzeenemissie ontstaat in de zwarte trommel waar asfaltgranulaat wordt gedroogd en verwarmd.
- De benzeenemissie ontstaat uit het asfaltgranulaat, waarbij onduidelijk is of er sprake is van verdamping van benzeen dat is opgesloten in het asfaltgranulaat of van vorming van benzeen in de zwarte trommel onder invloed van hoge temperaturen (kraakproces waarbij benzeen ontstaat uit kraakproducten).
- Bij de geteste centrales met indirect verwarmde zwarte trommels was de benzeenconcentratie lager dan de Emissie Grens Waarde van 1 [mg/Nm³] @ 17 vol% O₂. Bij de geteste centrales met direct verwarmde zwarte trommels werd de EGW voor benzeen regelmatig overschreden.



- Het onderzoek laat zien dat de benzeenemissie samenhangt met de temperatuur van het asfaltgranulaat. Uit de testen met de indirect verwarmde zwarte trommels komt naar voren dat de benzeenemissie beperkt blijft als het asfaltgranulaat wordt verwarmd tot 170 °C (maximum gemeten asfaltgranulaat eindtemperatuur). Uit de laboratoriumproeven komt naar voren dat bij verwarming van asfaltgranulaat tot een temperatuur van 200 °C de benzeenemissie zeer beperkt blijft. Boven de 400 °C neemt de benzeenemissie sterk toe. Bij directe verwarming van asfaltgranulaat is de kans echter groot dat een deel van het asfaltgranulaat warmer wordt dan 200 °C door direct vlamcontact en door warmteoverdracht ten gevolge van straling van de vlam. De piektemperatuur van het asfaltgranulaat in de droogtrommels is echter niet meetbaar.

Wij veronderstellen dat de piektemperatuur van asfaltgranulaatdeeltjes in de zwarte trommel bepalend is voor het vrijkomen van benzeen. Wij veronderstellen dat naarmate er meer deeltjes zeer warm worden de benzeenconcentratie in het rookgas toeneemt.

Dit verklaart waarom bij de geteste direct verwarmde zwarte trommels al bij lage asfaltgranulaat eindtemperaturen van 110 – 115 °C benzeenemissie wordt aangetroffen, terwijl bij de geteste indirect verwarmde zwarte trommels zelfs bij een asfaltgranulaat eindtemperatuur van 170 °C nagenoeg geen benzeenemissie wordt aangetroffen.

Reductie benzeenemissie

De aanbevelingen om benzeenemissie bij asfaltcentrales te reduceren zijn gebaseerd op onderzoeksgegevens van 4 asfaltcentrales. Het is mogelijk dat bij andere centrales situaties worden aangetroffen die tot andere uitkomsten en andere mogelijke maatregelen leiden.

- Bij productie van asfalt zonder asfaltgranulaat komt normaliter nagenoeg geen benzeen vrij.
- Bij de onderzochte centrales met indirect verwarmde zwarte trommels is de benzeenconcentratie lager dan de EGW.
- Bij centrales met direct verwarmde zwarte trommels die teveel benzeen emitteren moet naar mogelijkheden worden gezocht om de piektemperatuur van de asfaltgranulaatdeeltjes te verlagen. Hierbij valt te denken aan:
 - Optimaliseren van de toevoer naar de zwarte trommel zodat het asfaltgranulaat niet in direct contact komt met de vlam en weinig stralingsenergie kan opnemen.
 - Verlagen van de eindtemperatuur van het asfaltgranulaat
 - Verlagen van de doorzet van de zwarte trommel (lager asfaltgranulaatpercentage en/of verlaging van de uurcapaciteit van de centrale)
 - Fijne fractie uit het asfaltgranulaat verwijderen. Slechts de grove fractie normaal verwerken in de zwarte trommel.
- Reductieopties die niet zijn onderzocht in dit onderzoek:
 - Nabehandeling van het rookgas (naverbranding, adsorptie, etc.)
 - Koude toevoeging van asfaltgranulaat in de menger

1. PROJECT OPZET EN UITVOERING

De asfaltbranche heeft een onderzoek uitgevoerd naar het ontstaan van benzeenemissie bij de productie van asfalt. Het onderzoek moet uitwijzen:

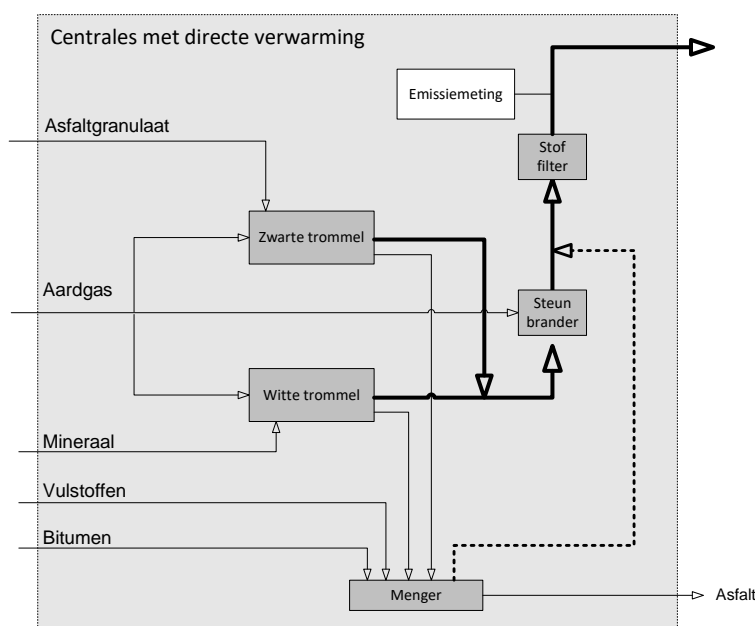
- wat de herkomst en oorsprong is van de benzeenemissie;
- hoe de benzeenemissie (indien mogelijk) kan worden verlaagd.

Het onderzoek is opgedeeld in een grootschalig praktijkonderzoek bij 4 asfaltcentrales en een laboratoriumonderzoek. In het praktijkonderzoek is de benzeenemissie van 4 centrales continu gemeten gedurende een periode van enkele weken tot maanden en zijn gelijktijdig de productieparameters van de centrale geregistreerd. In het laboratoriumonderzoek is benzeenemissie onderzocht die vrijkomt wanneer asfaltgranulaat wordt verwarmd. Dit rapport beschrijft het praktijkonderzoek.

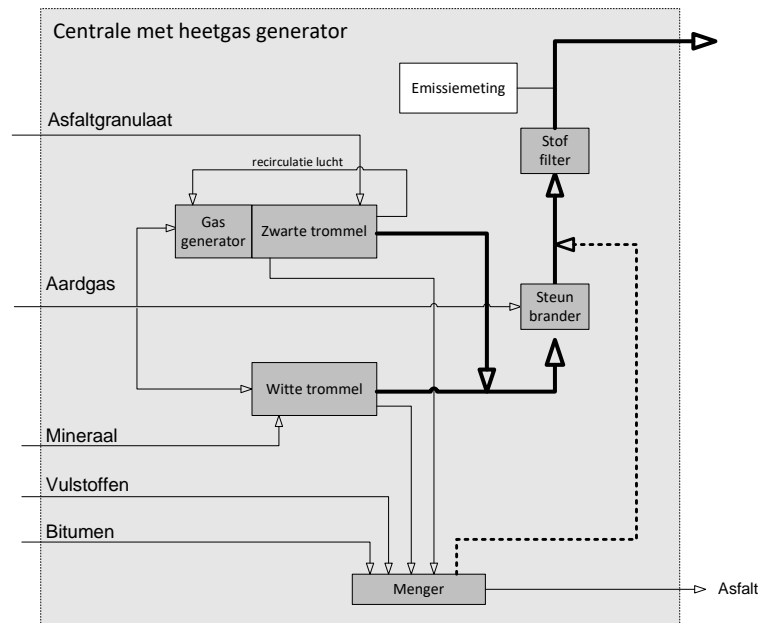
1.1. Praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek is gestart in mei 2020 en gestopt in juni 2021. Het heeft plaatsgevonden bij 4 asfaltcentrales:

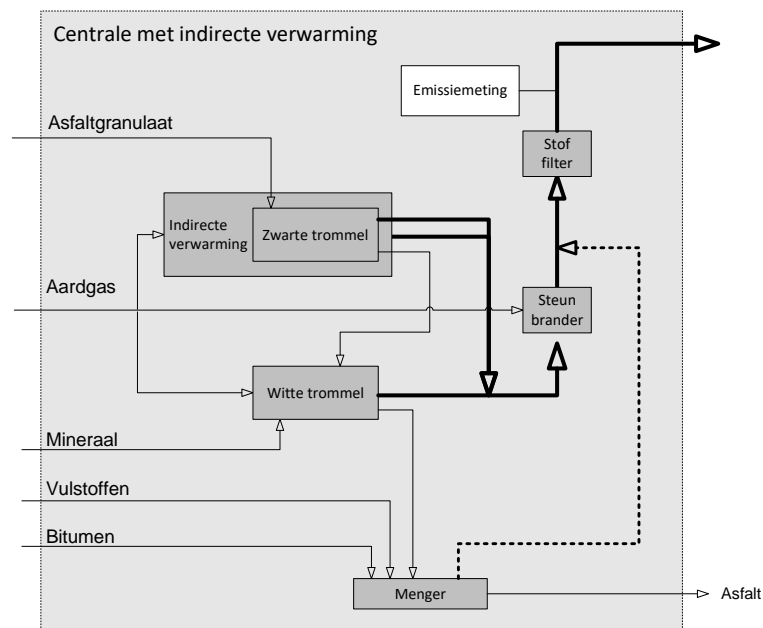
- Alle centrales hebben 2 droogtrommels, een witte trommel voor droging/verwarming van nieuw mineraal (zand / grind) en een zwarte trommel voor droging/verwarming van gerecycled asfaltgranulaat. De droogtrommels zijn intern voorzien van schoepen. Door rotatie van de trommel wordt het te drogen materiaal verstrooid. Met behulp van warme drooglucht wordt het materiaal gedroogd en verwarmd.
- De productiecapaciteit van de centrales varieert van 300.000 tot 500.000 ton/jaar. De centrales produceren asfalt waarin 0 tot 70% asfaltgranulaat wordt verwerkt. De bulk van de productie wordt afgeleverd op 170 - 180°C, een klein deel op 120°C.
- 2 centrales hebben een direct verwarmde zwarte trommel: in de trommel brandt een gasvlam die de toegevoerde drooglucht verwarmt. De hete drooglucht droogt en verwarmt het asfaltgranulaat. Direct contact tussen de vlam en het asfaltgranulaat wordt zo goed mogelijk voorkomen.



- 2 centrales hebben een indirect verwarmde zwarte trommel:
 - 1 centrale heeft een heetgas generator, een aparte verbrandingsruimte waarin drooglucht met een gasvlam wordt verwarmd. De warme drooglucht wordt door de zwarte trommel geleid en na afgifte van warmte weer deels teruggevoerd naar de heetgas generator.



- 1 centrale heeft een volledig indirect verwarmde zwarte trommel waarbij warmte wordt toegevoegd aan de buitenzijde van de trommel en via de trommelwand wordt overgedragen aan het asfaltgranulaat. Er wordt een kleine hoeveelheid drooglucht in de zwarte trommel geblazen om waterdamp af te voeren. Het verwarmde asfaltgranulaat wordt in de witte trommel bijgemengd en verwarmd tot de gewenste asfalt eindtemperatuur.





Tijdens het praktijkonderzoek is de benzeenemissie van de centrales continu gemeten met behulp van een PID (photo ionisation detection) meter die elke minuut de benzeenconcentratie registreert. De meting heeft plaatsgevonden in de schoorsteen van de centrale, achter het stoffilter. Gelijktijdig met de benzeenmeting is de zuurstofconcentratie in het rookgas gemeten om de benzeenconcentratie te kunnen omrekenen naar [mg/Nm³] bij 17 vol% O₂. De PID meting is op gezette tijden gekalibreerd met ijkgas en gecontroleerd met de resultaten van enkele gelijktijdig uitgevoerde meting met de Standaard Referentie Methode (SRM, conform norm NPR-CEN/TS13649). De controles laten zien dat de PID meting en de SRM meting goed vergelijkbaar zijn (zie Bijlage I). De SRM levert halfuur gemiddelde concentraties op en moet handmatig worden uitgevoerd. De SRM is daarom niet geschikt om een duurmeting uit te voeren met een hoge meetfrequentie.

Tijdens het praktijkonderzoek zijn de operationele condities van de centrales continu geregistreerd met behulp van data die uit de procesbesturing van de installatie is overgenomen.

Tijdens het praktijkonderzoek zijn grondstofsamples genomen van het asfaltgranulaat dat is verwerkt. Deze samples zijn bewaard voor mogelijk onderzoek. Een deel van de samples is ingezet in het laboratoriumonderzoek waarbij het vrijkomen van benzeenemissie wordt onderzocht als het sample wordt opgewarmd in een oven.

Het praktijkonderzoek varieerde van 1 tot enkele maanden per centrale. Tijdens deze periode is data verzameld onder normale productieomstandigheden van de centrale, waarbij een veelheid aan asfaltsoorten is geproduceerd en een grote variëteit in de procescondities heeft plaatsgevonden. Op verzoek zijn ook testen uitgevoerd om de invloed van specifieke productie-omstandigheden op de benzeenemissie te onderzoeken.

1.2. Data analyse

Tijdens het praktijkonderzoek is emissiedata en procesdata van de centrales verzameld. Deze data is geanalyseerd om de onderzoeksvragen (herkomst van benzeenemissie / reductiemogelijkheden van benzeenemissie) te beantwoorden.

De data analyse is gestart met een zoektocht naar verbanden tussen procescondities in de centrale en de gemeten benzeenemissie. Uit de zoektocht zijn enkelvoudige conclusies naar voren gekomen, bijvoorbeeld dat de benzeenemissie ontstaat in de zwarte trommel, en zijn complexere verbanden gevonden waarbij meerdere procescondities samen de benzeenemissie beïnvloeden. Om de complexe verbanden te doorgronden is een model ontwikkeld waarmee de benzeenemissie kan worden beschreven aan de hand van een aantal procesparameters in de centrale. De gevonden verbanden tussen procescondities en de benzeenemissie zijn waar mogelijk gevalideerd met praktijktesten in de centrales.

De data analyse heeft antwoorden gegeven op de vraag wat de herkomst / oorsprong is van de benzeenemissie en heeft geresulteerd in een overzicht van mogelijke maatregelen om de benzeenemissie te reduceren.

1.3. Reductie opties

De opties om de benzeenemissie van een asfaltcentrale te reduceren zijn in de praktijk getest. Deze praktijktesten zijn bij 1 centrale uitgevoerd met een direct verwarmde zwarte



trommel. Aangezien elke centrale uniek is moeten de resultaten van deze testen met grote voorzichtigheid worden veralgemeniseerd naar de gehele asfaltbranche.

2. HERKOMST VAN DE BENZEENEMISSIE

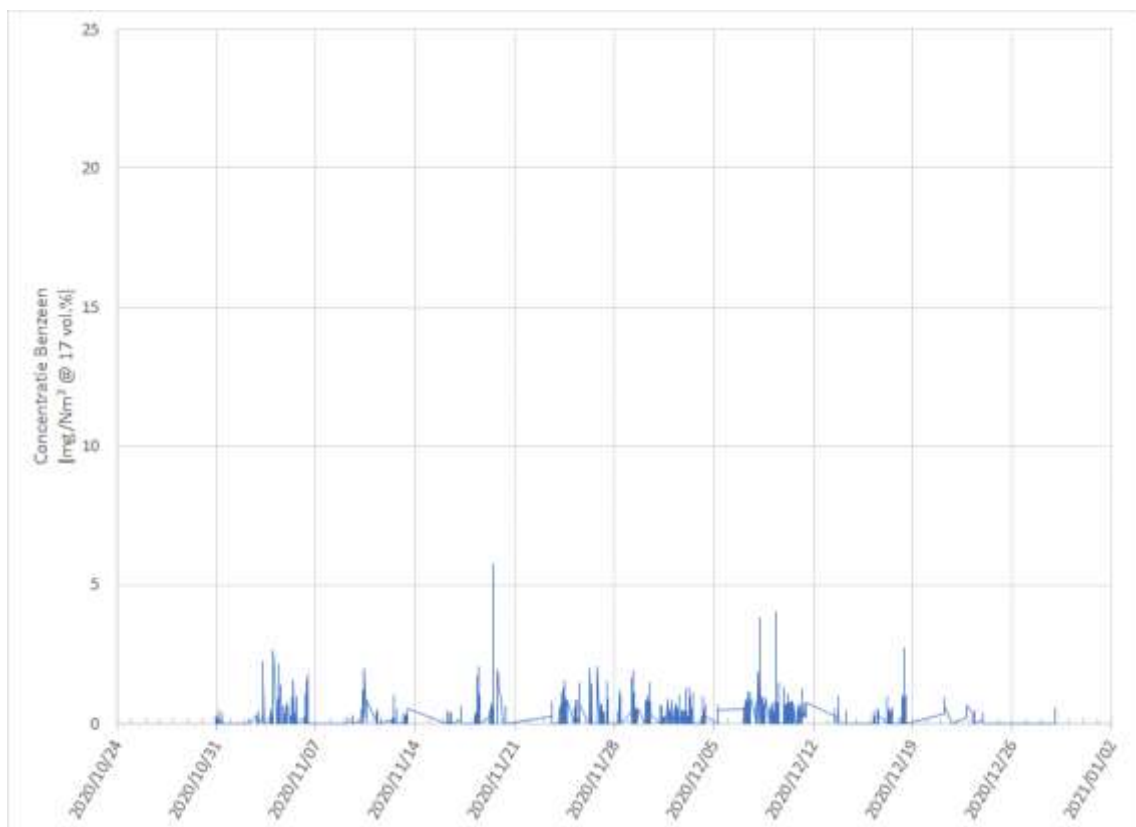
2.1. Waar ontstaat benzeenemissie

Bij de geteste centrales met indirect verwarmde zwarte trommels werden benzeenconcentraties gemeten die lager waren dan de EGW van 1 [mg/Nm³] @ 17% O₂. Bij de geteste centrales met direct verwarmde zwarte trommels werden regelmatig benzeenconcentraties gemeten die hoger waren dan de EGW.

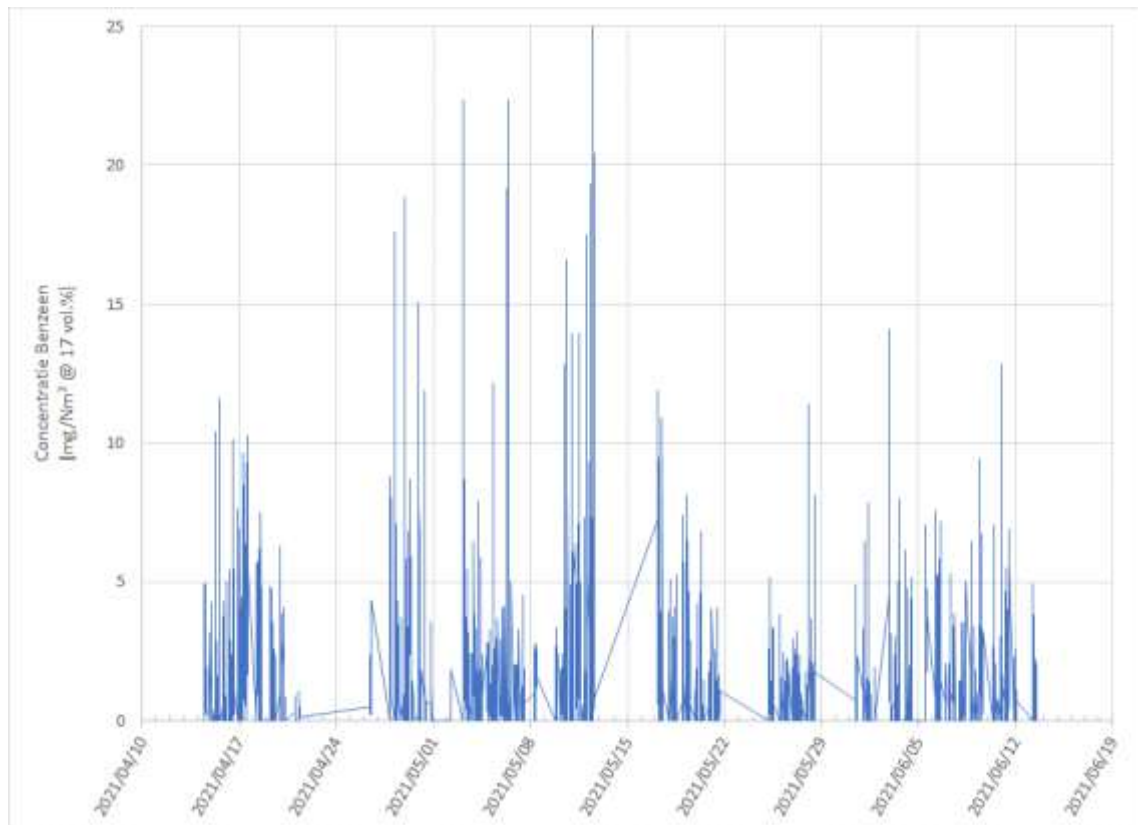
In de onderstaande 2 grafieken is de gemeten benzeenconcentratie in [mg/Nm³] @ 17% O₂ weergegeven over de gehele meetduur van de praktijktest bij een indirect en een direct verwarmde zwarte trommel.

Let op!

De grafieken laten minuutwaarden zien met veel pieken en nulwaarden. Voor een vergelijking met de EGW moeten de concentraties eerst worden gemiddeld naar half-uurgemiddelde waarden, waardoor de pieken wegvallen.

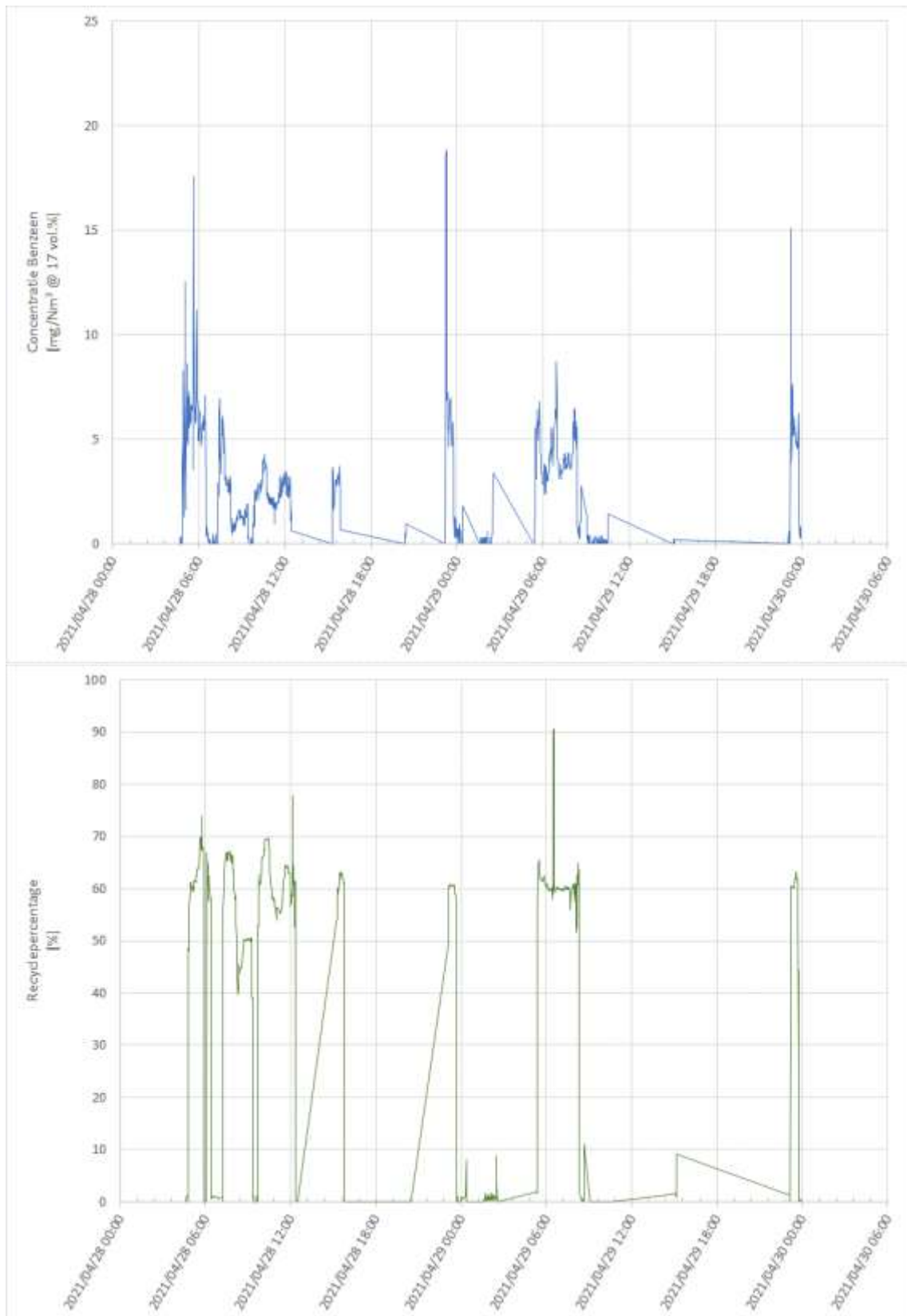


Figuur 1: benzeenemissie bij indirect verwarmde zwarte trommel



Figuur 2: benzeenemissie bij direct verwarmde zwarte trommel

Bij de beide centrales met direct verwarmde zwarte trommels kon worden vastgesteld dat de benzeenemissie ontstaat in de zwarte trommel. Als alleen de witte trommel in bedrijf was dan werden benzeenemissies gemeten die veel lager waren dan de EGW. Bij de beide centrales met indirect verwarmde zwarte trommels was de benzeenemissie dermate laag dat deze conclusie voor indirect verwarmde trommels niet kon worden bevestigd.



Figuur 3: benzeenemissie direct verwarmde zwarte trommel: afwisselend in en uit bedrijf (recycle percentage 0 vs. 50-70%)

2.2. Hoe ontstaat benzeenemissie

Benzeen [C_6H_6] is een koolwaterstofverbinding die onder bepaalde condities vrijkomt uit asfaltgranulaat (verdamping) of gevormd wordt door thermische ontleding van andere koolwaterstoffen die vrijkomen uit asfaltgranulaat. Het praktijkonderzoek geeft geen inzicht in het vormingsmechanisme van benzeen, maar laat wel zien onder welke omstandigheden de benzeenemissie kan ontstaan. Vaak is het een combinatie van omstandigheden die niet los van elkaar zijn te variëren die tot benzeenemissie leidt.

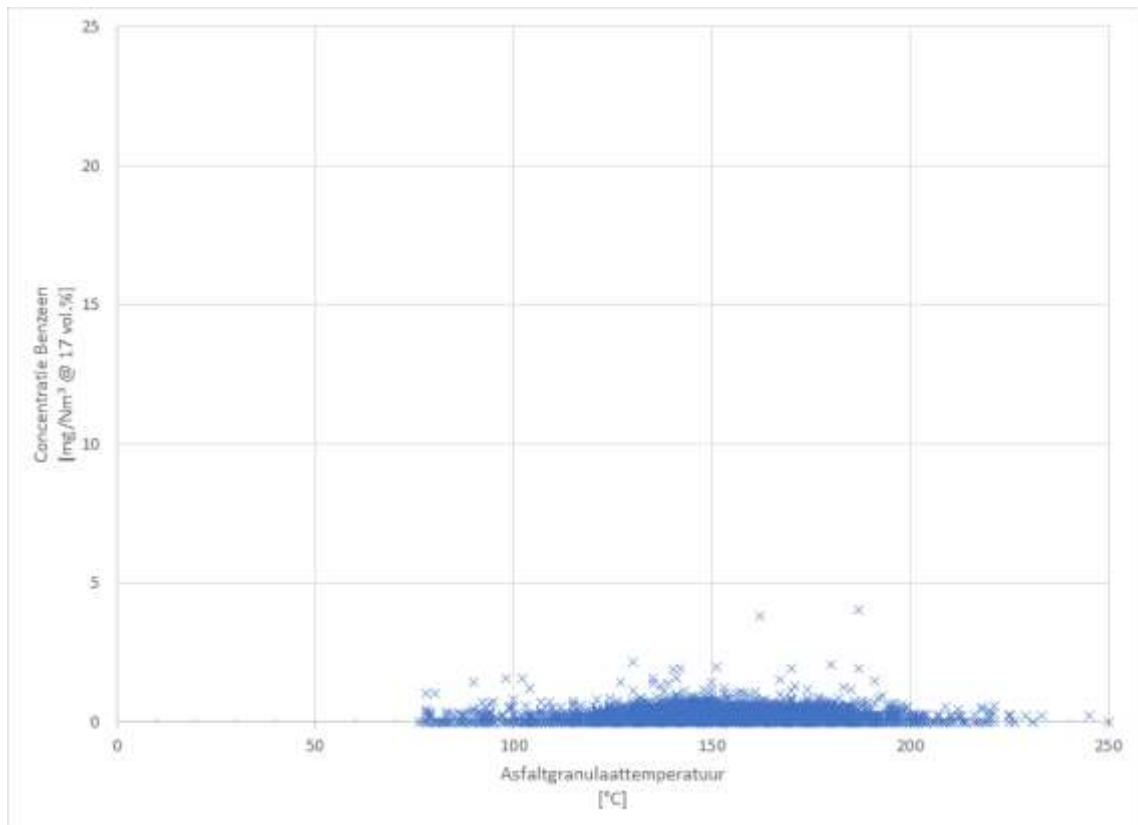
De discussie over het ontstaan van benzeenemissie is opgezet voor centrales waar hogere benzeenemissies zijn gemeten (de geteste centrales met direct verwarmde zwarte trommels). De constatering zal met grote waarschijnlijkheid ook opgaan voor centrales met indirect verwarmde zwarte trommels. Deze veronderstelling kan echter niet met meetgegevens uit het praktijkonderzoek worden onderbouwd.

2.2.1. Benzeenemissie versus asfaltgranulaattemperatuur

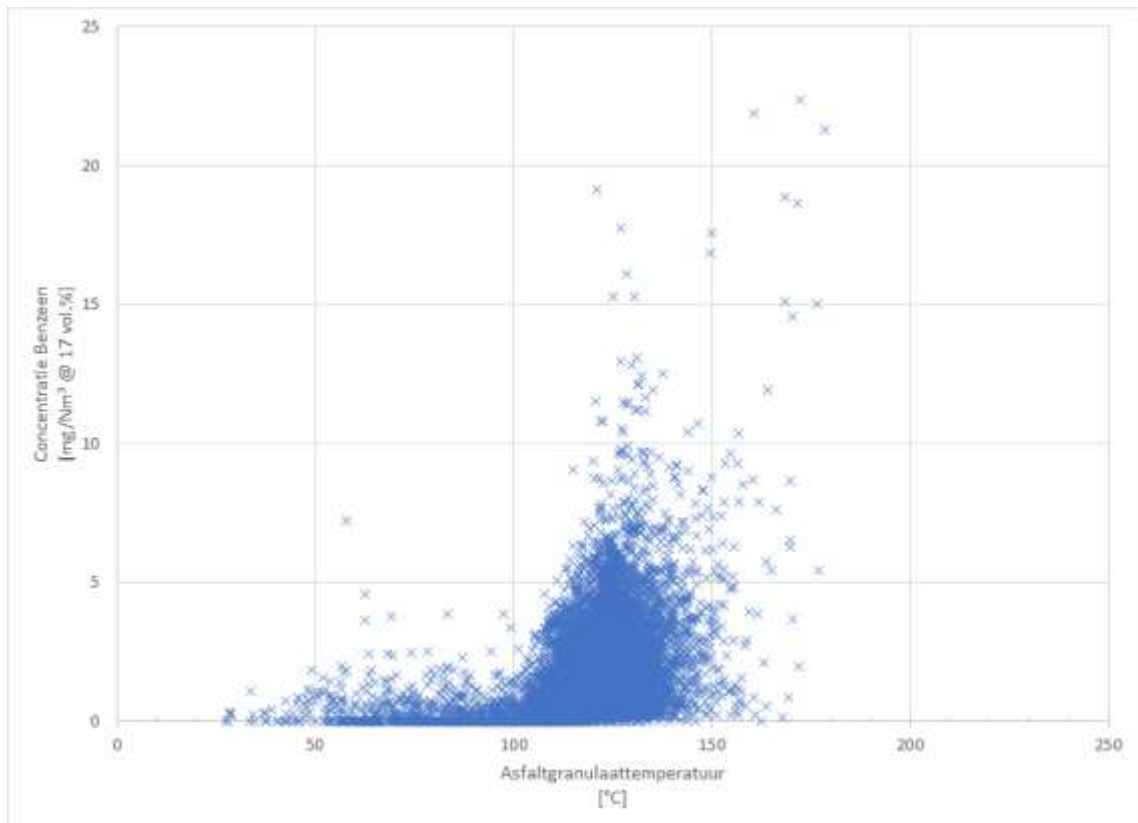
Het asfaltgranulaat wordt gedroogd en verwarmd tot een temperatuur die per centrale varieert van 100 – 140°C. In één centrale met een indirect verwarmde zwarte trommel wordt het asfaltgranulaat vaak verwarmd tot 150°C en is het asfaltgranulaat bij speciaal opgezette testen verwarmd tot 170°C.

Bij de geteste centrales met direct verwarmde zwarte trommels wordt vanaf een temperatuur van 110°C benzeen in het rookgas waargenomen. De benzeenconcentratie in het rookgas loopt verder op naarmate de temperatuur van het asfaltgranulaat stijgt. Bij de centrale met een indirect verwarmde zwarte trommel wordt over de gehele temperatuurrange tot aan een asfaltgranulaattemperatuur van 170°C een zeer lage benzeenconcentratie waargenomen. Het is hier niet vast te stellen of de concentratie¹ varieert met de temperatuur van het asfaltgranulaat.

¹ De gemeten benzeenconcentratie ligt bij alle temperatuurniveaus rond de onderste detectiegrens van de meting waardoor niet kan worden vastgesteld of er variaties zijn.



Figuur 4: benzeenconcentratie tegen asfaltgranulaattemperatuur indirect verwarmde PR trommel



Figuur 5: benzeenconcentratie tegen asfaltgranulaattemperatuur direct gestookte PR trommel



Deze ogenschijnlijk verschillende resultaten kunnen worden verklaard door het warmteoverdracht proces in de zwarte trommel van de verschillende centrales nader te bestuderen.

- In de direct verwarmde trommels komen veel hogere piektemperaturen voor dan in de indirect verwarmde trommels. In de vlam kan de temperatuur oplopen tot 1500°C, terwijl de temperatuur in de indirect verwarmde trommel is begrensd tot de temperatuur van de lucht die naar de trommel wordt toegevoerd of wordt gebruikt om de trommelwand te verwarmen (maximum 500 - 600°C). Als losse asfaltgranulaat deeltjes in contact komen met de vlam dan kan de temperatuur van deze deeltjes hoog oplopen.
- In de direct verwarmde trommels wordt stralingsenergie overgedragen van de vlam op het te drogen materiaal in de trommel. Deze warmteoverdrachtcomponent ontbreekt bij de trommels met indirecte verwarming. Kleine asfaltgranulaat deeltjes kunnen sterk worden opgewarmd door de straling van de vlam.

De bovenstaande verschillen tussen direct en indirect verwarmde trommels geven aanleiding tot de veronderstelling dat losse asfaltgranulaatdeeltjes bij direct verwarmde trommels lokaal veel warmer kunnen worden dan in indirect verwarmde trommels.

- In de geteste direct verwarmde trommels wordt het asfaltgranulaat ingevoerd bij de vlam (meestroom trommel) terwijl het asfaltgranulaat bij de geteste indirect verwarmde trommel met heetgas generator wordt toegevoerd aan het tegenoverliggende einde van de trommel waar het hete gas binnenkomt (tegenstroom trommel). Bij de volledig indirect verwarmde trommel wordt de warmte egaal over de gehele trommel toegevoerd.
- Bij de invoer van het koude asfaltgranulaat worden kleine en grotere deeltjes rondgestrooid in de trommel. Bij de uitvoer van het warme asfaltgranulaat zullen alle deeltjes samenklonteren door de aanwezige bitumen in het asfaltgranulaat.

Bij een meestroom direct verwarmde trommel wordt de warmte toegevoerd op het punt waar veel kleine deeltjes worden rondgestrooid. Kleine deeltjes warmen snel op door het relatief grote warmtewisselende oppervlak ten opzichte van de inhoud van het deeltje. Bij de tegenstroom indirect verwarmde trommel worden grotere samengeklonterde deeltjes blootgesteld aan de hoogste temperatuur (opmerking: deze deeltjes hebben wel een hoger temperatuurniveau dan de koude asfaltgranulaatdeeltjes bij de inlaat van de trommel).

Door de lokaal hoge temperaturen in de direct verwarmde trommel en de aanwezigheid van kleine deeltjes dicht bij de vlam is de kans groot dat in een direct verwarmde meestroom trommel een deel van het asfaltgranulaat veel hogere temperaturen bereikt dan de uitlooptemperatuur van het asfaltgranulaat uit de trommel.

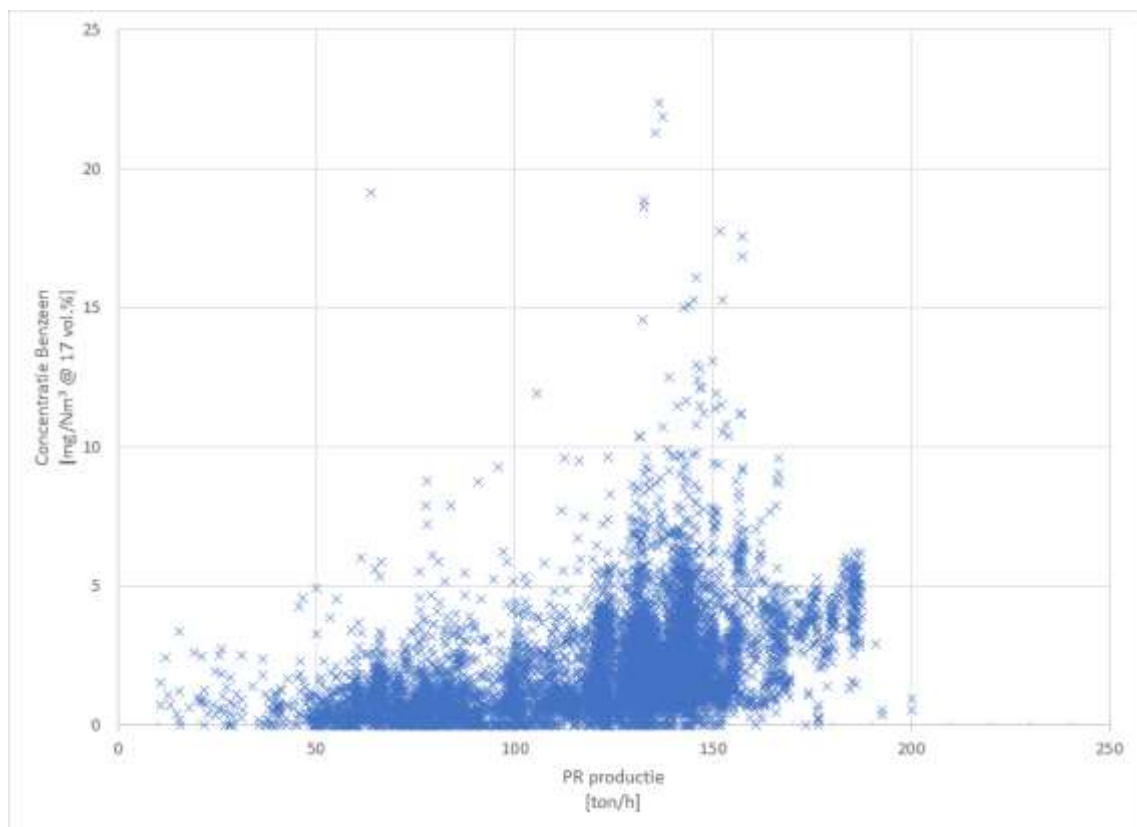
Uit de testen bij de indirect verwarmde trommel en uit het onderzoek naar het vrijkomen van benzeen uit asfaltgranulaat wanneer dit onder laboratoriumomstandigheden wordt verwarmd blijkt dat er bij verwarming tot 170°C (praktijkonderzoek) tot 200°C (laboratoriumonderzoek) weinig benzeen vrijkomt. Uit het laboratoriumonderzoek blijkt ook dat bij een temperatuur van 400°C en hoger de benzeenemissie sterk toeneemt.

HYPOTHESE

De benzeenemissie uit een direct verwarmde zwarte trommel hangt samen met de piektemperatuur die het asfaltgranulaat bereikt en het aandeel asfaltgranulaat dat deze hoge temperaturen bereikt. Hoe hoger de piektemperatuur en hoe meer deeltjes op hoge temperatuur komen, des te hoger is de benzeenconcentratie in het rookgas.

2.2.2. Benzeenemissie versus asfaltgranulaatcapaciteit

Tijdens het praktijkonderzoek zijn aanwijzingen gevonden dat de benzeenemissie toeneemt bij toename van de hoeveelheid asfaltgranulaat die per tijdseenheid wordt verwerkt. Bij hogere belasting van de zwarte trommel zal er per tijdseenheid meer energie moeten worden toegevoerd en zal het strooprofiel in de trommel anders worden. Er wordt verondersteld dat er meer asfaltgranulaatdeeltjes op hoge(re) temperatuur komen waardoor de benzeenemissie toeneemt.



Figuur 6: benzeenconcentratie versus productiecapaciteit direct gestookte zwarte trommel (alle mengverhoudingen)

2.2.3. Benzeenemissie versus asfaltgranulaatsamenstelling

De invloed van de asfaltgranulaat samenstelling op de benzeenemissie wordt onderzocht in het laboratoriumonderzoek. De uitkomsten van dit onderzoek worden in een separaat rapport gepubliceerd.

Tijdens het praktijkonderzoek is geconstateerd dat de verschillende asfaltgranulaat batches tot verschillen in de benzeenemissie kunnen leiden.

- Het aandeel fijne fractie heeft een effect op de benzeenemissie. Als asfaltgranulaat wordt verwerkt waar de fijne fractie uit is verwijderd dan daalt de benzeenemissie ten opzichte van de het asfaltgranulaat waaruit de fijne fractie niet is verwijderd. Dit

is in lijn met de hypothese die is geformuleerd over de benzeenemissie versus de asfaltgranulaat piektemperatuur.

- Tijdens het praktijkonderzoek is gezocht naar een relatie tussen het vochtpercentage van het asfaltgranulaat en de benzeenemissie. Toename van het vochtpercentage heeft tot gevolg dat meer energie per eenheid asfaltgranulaat moet worden toegevoerd maar dat de asfaltgranulaatdeeltjes minder snel opwarmen omdat het verdampen van water (bij 100°C) veel energie vergt. Het 1^e effect verhoogt de benzeenemissie terwijl het 2^e effect de benzeenemissie verlaagt. Aangezien het vochtpercentage van het asfaltgranulaat slechts korte tijd is meegemeten zijn geen betrouwbare uitspraken te doen over het totale effect van vocht op de benzeenemissie.
- Tijdens het praktijkonderzoek is asfaltgranulaat verwerkt uit verschillende batches (verschillende locaties, onderlagen, bovenlagen, etc.) Een aantal asfaltgranulaatmonsters is aangeboden voor laboratoriumonderzoek om beoordelen of gemeten benzeenconcentraties uit de praktijkproef zijn te correleren met de benzeenbepalingen in het laboratorium als het granulaat wordt verwarmd. De resultaten van dit vergelijkend onderzoek zijn op het moment van schrijven van dit rapport nog niet bekend.

2.3. Invloed van asfaltmengsels op de benzeenemissie

Asfaltcentrales produceren een breed scala aan asfaltmengsels. Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat de benzeenemissie (ook) afhankelijk is van het soort mengsel dat wordt geproduceerd².

De discussie over invloed van de geproduceerde asfaltmengsels op de benzeenemissie is opgezet voor centrales waar hogere benzeenemissies zijn gemeten (de geteste centrales met direct verwarmde zwarte trommels).

De constatering zullen met grote waarschijnlijkheid ook opgaan voor centrales met indirect verwarmde zwarte trommels. Deze veronderstelling kan echter niet met meetgegevens uit het praktijkonderzoek worden onderbouwd.

2.3.1. Invloed asfaltgranulaatpercentage

Een belangrijk onderscheid in de verschillende asfaltmengsels is het aandeel asfaltgranulaat. Dit varieerde bij de onderzochte centrales van 0% tot 70%.

Bij asfaltmengsels zonder asfaltgranulaat wordt geen of verwaarloosbaar weinig benzeenemissie aangetroffen.

Bij toenemend asfaltgranulaatpercentage neemt de spreiding van de gemeten benzeenemissie toe, waarbij steeds hogere benzeenconcentraties worden gemeten naarmate het asfaltgranulaatpercentage verder toeneemt. Er zijn echter ook lage benzeenconcentraties gemeten bij hoge asfaltgranulaatpercentages.

In de meeste gevallen zal de capaciteit van de zwarte trommel worden opgevoerd als het asfaltgranulaatpercentage in het mengsel toeneemt. In hoofdstuk 2.2.2 is aangegeven dat

² De benzeenemissie komt vrij tijdens het drogen van asfaltgranulaat. Voor de verschillende mengsels worden verschillende soorten en hoeveelheden grondstoffen gedroogd. De benzeenemissie hangt af van de soorten en hoeveelheden grondstoffen die voor een mengsel worden gedroogd.

er een verband is gevonden waarbij de benzeenemissie toeneemt bij toename van de capaciteit van de zwarte trommel.

2.3.2. Invloed type asfaltmengsel

Er worden verschillende type mengsels geproduceerd, zoals onderlagen en bovenlagen of steenrijke en mortelrijke mengsels. Uit het praktijkonderzoek komt naar voren dat het geproduceerde mengsel van invloed is op de benzeenemissie. Aan de hand van de beschikbare data is het nog niet mogelijk gebleken om eenduidige verbanden te leggen tussen het type asfaltmengsel en de benzeenemissie (met uitzondering van het hierboven vermelde verband met het asfaltgranulaatpercentage).

2.3.3. Invloed asfalttemperatuur: hot mix / warm mix

Hot mix asfalt wordt geproduceerd en afgeleverd op een temperatuur van 150 - 180°C. Warm mix asfalt wordt geproduceerd en afgeleverd op een temperatuur van 100 - 130°C. Er is een ontwikkeling gaande om met het oog op energie-efficiency en beperking van emissies over te stappen van hot mix naar warm mix asfalt.

Zoals in hoofdstuk 2.2.1 is aangegeven is de gemeten benzeenemissie bij de direct gestookte zwarte trommels tot een asfaltgranulaattemperatuur van 110°C beperkt. Bij hogere asfaltgranulaat temperaturen neemt de benzeenemissie toe. Om een benzeen emissiereductie te behalen bij overgang van hot mix naar warm mix zal de asfaltgranulaattemperatuur in warm mix asfalt moeten worden teruggebracht beneden de temperatuur waar benzeen begint te ontstaan.

Indien voor de productie van warm mix asfalt enkel de witte trommel temperatuur wordt teruggebracht maar de asfaltgranulaattemperatuur niet wordt teruggebracht, dan zal de benzeenconcentratie in het rookgas toenemen. Immers de benzeenemissie (gerekend in grammen/uur) uit de zwarte trommel blijft gelijk terwijl het rookgasvolume in de schoorsteen afneemt omdat de witte trommel minder rookgas produceert.

2.4. Invloed stoffilter op benzeen

Bij een van de geteste centrales met een direct verwarmde zwarte trommel is bij een aantal deelmetingen vastgesteld dat de benzeenconcentratie voor het stoffilter hoger was dan achter het stoffilter. Tevens is een relatie gevonden waarbij de benzeenconcentratie in de schoorsteen afnam bij oplopende drukval over het stoffilter. Wij veronderstellen dat benzeen wordt afgevangen op het filterstof en afgevoerd met het stof. Bij een dikkere stoflaag (= hogere drukval van het stoffilter) is de afvang waarschijnlijk efficiënter.

Bij de tweede centrale met een direct verwarmde zwarte trommel is getest of de benzeenconcentratie in de schoorsteen kon worden beïnvloed door vulstof te injecteren voor het stoffilter. Bij deze test kon geen eenduidige relatie worden vastgesteld tussen de hoeveelheid vulstof die werd geïnjecteerd en de benzeenconcentratie. Nader onderzoek is vereist om de invloed van het stoffilter op de benzeenemissie vast te stellen.

3. REDUCTIE VAN BENZEENEMISSIE

Tijdens het praktijkonderzoek zijn 2 voor de hand liggende reductie-opties geïdentificeerd:

- Bij de productie van asfalt zonder asfaltgranulaat wordt geen benzeenemissie gemeten. Door te stoppen met hergebruik van asfaltgranulaat wordt de benzeenemissie drastisch beperkt.
- Bij de beide asfaltcentrales met een indirect verwarmde zwarte trommel werden benzeenconcentraties gemeten die onder de EGW van 1 [mg/Nm³] @ 17% O₂ liggen. Door over te stappen op een indirect verwarmde zwarte trommel zal de benzeenemissie zeer waarschijnlijk sterk teruglopen.

De eerste optie staat haaks op het streven naar circulariteit en maximaal hergebruik van reststoffen. De tweede optie vergt hoge investeringen in de vervanging van direct verwarmde zwarte trommels door indirect verwarmde trommels.

Tijdens het praktijkonderzoek is een aantal maatregelen getest om de benzeenemissie bij centrales met direct verwarmde zwarte trommels terug te brengen. De onderzochte maatregelen zijn hieronder beschreven. Het effect van de maatregelen is slechts bij 1 centrale getest. De effecten zullen zeker mede afhankelijk zijn van de specifieke omstandigheden van deze centrale.

Tijdens het praktijkonderzoek zijn ook mogelijke benzeen reductiemaatregelen genoemd die (nog) niet in de praktijk konden worden getest. Deze maatregelen zijn in de tekst van dit onderzoek opgenomen, waarbij duidelijk is aangegeven dat het effect niet is onderzocht.

3.1. Onderzochte benzeen reductiemaatregelen

3.1.1. Verlaging van de asfaltgranulaattemperatuur

Tijdens deze test is de asfaltgranulaattemperatuur gevarieerd van 100°C - 140°C. Tussen 100 - 110°C treedt amper benzeenemissie op. Vanaf 110°C tot 140°C neemt de benzeenconcentratie progressief toe. Boven 140°C is niet getest uit veiligheidsoverwegingen.

De verlaging van de asfaltgranulaattemperatuur zal naar verwachting tot minder hoge piektemperaturen in de zwarte trommel leiden (er wordt minder energie toegevoerd) waardoor de benzeenemissie afneemt.

Uit test kan tevens worden geleerd dat een accurate temperatuurmeting en temperatuurregeling van het asfaltgranulaat van belang is om de benzeenemissie te controleren.

3.1.2. Verlaging van het percentage asfaltgranulaat

Als het percentage asfaltgranulaat in het asfalt wordt verlaagd zal de zwarte trommel op een lagere capaciteit draaien waardoor minder benzeen vrijkomt. Verlaging van het percentage asfaltgranulaat zou de benzeenconcentratie in de schoorsteen van de centrale moeten verlagen.

Er is een test gedaan om deze redenatie te onderbouwen waarbij asfalt met verschillende percentages asfaltgranulaat is geproduceerd onder constante condities. Tijdens de test waren de gemeten benzeenconcentraties te laag om de invloed van de verlaging van het

asfaltgranulaatpercentage op de benzeenconcentratie goed te onderbouwen. Deze test zal moeten worden herhaald om betrouwbare conclusies te trekken.

3.1.3. Verwerken van asfaltgranulaat zonder fijne fractie

Er is 2 keer een test uitgevoerd waarbij een batch asfaltgranulaat is gezeefd waarna slechts de grove fractie in de trommel is verwerkt. Hetzelfde asfaltgranulaat is ook niet gezeefd verwerkt. De benzeenconcentratie bij verwerking van gezeefd materiaal (grove fractie) is significant lager dan bij de verwerking van niet gezeefd materiaal (grove + fijne fractie). Het materiaal is gezeefd op een fractie van 0 – 5 mm. De uitgezeefde fractie was ongeveer 40 % (gewicht) van het asfaltgranulaat.

Mogelijke verklaringen voor de geconstateerde teruggang van de benzeenemissie:

- grove deeltjes hebben een relatief klein oppervlak ten opzichte van hun inhoud waardoor de temperatuur van de deeltjes bij verwarming langzaam oploopt en de piektemperatuur beperkt blijft. Fijne deeltjes hebben een relatief groot oppervlak ten opzichte van hun inhoud waardoor de temperatuurstijging bij verwarming sneller verloopt. Fijne deeltjes kunnen zweven in de trommel waardoor het vlamcontact intensiever wordt in vergelijking tot grove deeltjes. Bij verwerking van alleen grove deeltjes wordt verondersteld dat de piektemperatuur van de deeltjes lager ligt en dat het aantal deeltjes dat zeer warm wordt kleiner zal zijn.
- Het is mogelijk dat uit de fijne fractie relatief meer benzeen vrijkomt (door verdamping of kraken), bijvoorbeeld als er verhoudingsgewijs meer bitumen in de fijne fractie voorkomt. Door de fijne fractie niet te verwarmen in de zwarte trommel wordt een relatief groot deel van de benzeenemissie vermeden.

De test geeft geen inzicht waardoor de emissie terugloopt, hij laat slechts zien dat de emissie terugloopt.

Gezien het grote aandeel van de uitgezeefde fijne fractie zal een oplossing moeten worden aangedragen voor de verwerking van de fijne fractie om een afvalprobleem te voorkomen. Bijvoorbeeld de fijne fractie koud toevoegen in de menger, halverwege de zwarte trommel toevoeren (geen vlamcontact) of samenpersen tot briketten en alsnog normaal toevoegen in de zwarte trommel. De mogelijke verwerkingsopties voor de fijne fractie zijn in het kader van dit praktijkonderzoek (nog) niet getest.

3.1.4. Vulstofinjectie op het stoffilter

Variatie van 0% tot 100% kalksteenvulstof (0,5 – 4,5 m³/uur) heeft weinig invloed op de benzeenconcentratie. De kleine variaties tijdens de test lijken te worden veroorzaakt door wisselingen in de zwarte trommel temperatuur.

3.2. Niet onderzochte benzeen reductiemaatregelen

3.2.1. Aanpassing zwarte trommel

Alle mogelijke aanpassingen van de zwarte trommel die ertoe leiden dat het vlamcontact met het asfaltgranulaat en de energie-overdracht door straling wordt verminderd zullen waarschijnlijk tot een reductie van de benzeenemissie leiden. Het was in het kader van dit onderzoek niet mogelijk om vergelijkend onderzoek te doen bij een zwarte trommel zonder aanpassingen en een zwarte trommel met aanpassingen.



Aanpassingen die het vlamcontact reduceren en de overdracht van stralingsenergie reduceren zijn bijvoorbeeld: aanpassing van de toevoer naar de trommel, de schoepen in de trommel, vlamprofiel, etc. Ook regelmatig onderhoud / schoonmaken van de schoepen kan tot een beter strooioprofiel leiden waarbij vlamcontact wordt verminderd en minder energie wordt overgedragen door straling.

3.2.2. Aanpassing asfaltgranulaat (voorbewerking)

Hieronder zijn enkele voorbereidingsmaatregelen benoemd voor het asfaltgranulaat die de benzeenemissie mogelijk kunnen verlagen.

- Niet gebroken freesmateriaal verwerken.
Voortbordurend op de bevinding dat de benzeenemissie daalt als de fijne fractie uit het (gebroken) asfaltgranulaat wordt verwijderd kan worden onderzocht of de benzeenemissie daalt wanneer gefreesd asfaltgranulaat wordt verwerkt zonder voorbehandeling in een breker. Door het breken van het asfaltgranulaat neemt de fijne fractie immers sterk toe. Breken is wenselijk voor de asfaltkwaliteit, maar pakt nadelig uit voor de benzeenemissie.
- Fijne fractie uitzeven en briketteren:
Als het asfaltgranulaat wordt gebroken en gezeefd dan zal een oplossing moeten worden gevonden voor het verwerken van de fijne fractie om te voorkomen dat een enorme afvalberg ontstaat van niet hergebruikt asfalt. Een mogelijke oplossing is het briketteren van de fijne fractie en verwerking van de samengeperste briketten in de zwarte trommel.
- Asfaltgranulaat zeven en schuren:
Door het gezeefde asfaltgranulaat nog verder voor te bewerken (schuren) kunnen de stenen worden gescheiden van de mortel. De stenen zijn optisch schoon en worden verwerkt in de zwarte trommel. Hiermee kan de benzeenemissie van de zwarte waarschijnlijk nog verder worden teruggedrongen. Er moet net als bij de optie zeven een oplossing worden gevonden voor het verwerken van de fijne fractie die overblijft.



4. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Hoewel het praktijkonderzoek grootschalig is opgezet moeten de resultaten met beleid worden veralgemeniseerd naar de hele asfaltproductiesector. Elke centrale is uniek qua opzet, productiemethode en procescondities. Kleine verschillen binnenin een droogtrommel kunnen bijvoorbeeld tot relatief grote verschillen in benzeenemissie leiden.

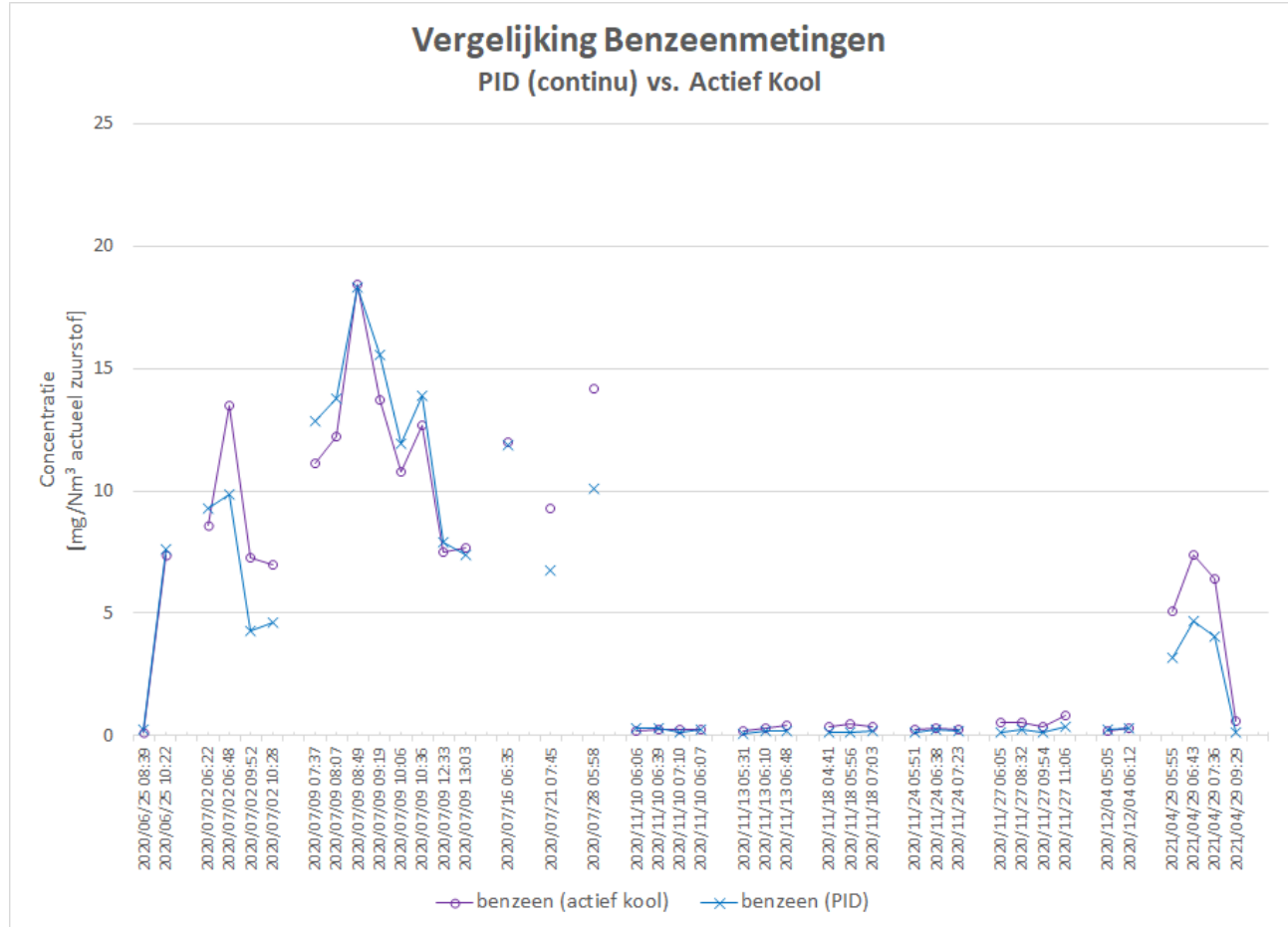
Het onderzoeksteam adviseert daarom om het onderzoek in vereenvoudigde vorm voort te zetten bij andere centrales. Het onderzoek bij andere centrales zal primair worden aangewend om de benzeenemissie en reductie-opties van deze centrale in kaart te brengen, maar kan ook worden gebruikt om de bevindingen uit het eerste onderzoek te valideren en waar nodig bij te stellen of uit te breiden met nieuwe inzichten.

Om een goed beeld te krijgen van de situatie bij een centrale volstaat het niet om conform de voorschriften uit het activiteitenbesluit 3 keer een halfuurgemiddelde benzeenconcentratie vast te stellen bij één productierun. Voor het verkrijgen van goed inzicht in het emissieprofiel en de mogelijkheden om de benzeenemissie te reduceren is het raadzaam dat de meetduur wordt verlengd en de meetfrequentie wordt verhoogd (elke minuut in plaats van een halfuur gemiddelde). Tevens zal tijdens de metingen een goede registratie van de procescondities in de centrale moeten plaatsvinden om het mogelijk te maken om verbanden te leggen tussen de gemeten emissie en de procescondities.

Er wordt aanbevolen om de meetduur zodanig lang te kiezen dat een groot deel van de regulier geproduceerde asfaltmengsels kan worden gemeten en dat testen kunnen worden uitgevoerd om het effect van mogelijke benzeenreductiemaatregelen in kaart te brengen.

Bijlage I PID meting (continu) versus actief kool (referentie)

Gedurende het project zijn de continue PID benzeenmetingen periodiek vergeleken met referentiemetingen op basis van adsorptie aan actief kool.



Uit de vergelijkende metingen blijkt dat de PID meting de trend volgt van de actief kool metingen. Voor het vergelijken van de absolute waarde van de concentraties moet er rekening gehouden worden met de monsternamemethode. Waar de resultaten van de PID meting een numeriek gemiddelde is van een groot aantal meetwaarden binnen een tijdsinterval, zijn de resultaten van de actief kool meting verkregen door gedurende datzelfde tijdsinterval continue een bekende volumestroom afgas te adsorberen aan actief kool, waarna één enkelvoudig gewogen gemiddelde van de benzeenconcentratie verkregen wordt.