

CO₂-reductie bij de Asfalt Productie Westerbroek

Het expliciet maken van CO₂ emissies gedurende het
asfaltproductieproces

Ruben Olthof, juni 2014



Colofon

Titel: CO₂ reductie bij de Asfalt Productie Westerbroek

Subtitel: Het expliciet maken van CO₂ emissies gedurende het asfaltproductieproces

Status: Openbaar

Versie: Eindversie

Pagina's: 93 (waarvan 33 bijlage)

Afbeelding voorblad: Roelofs. (z.j.). [Asfalt Productie Westerbroek] [Foto].

Geraadpleegd op 21 mei 2015, op

http://www.roelofsgroep.nl/images/uploads/locaties/APW_asfaltcentrale..jpg

Datum: 21-07-2015

Auteur

Ruben Olthof

Willem-Alexanderstraat 39

7511 KJ Enschede

T: +31 6 4021 3769 (mobiel)

E: r.olthof@student.utwente.nl

Studentnummer: s1363883

Onderwijsinstelling: Universiteit Twente

Faculteit: Construerende Technische Wetenschappen (CTW)

Opleiding: Bachelor Civiele Techniek

Begeleiding namens Universiteit Twente

dr. ir. S.R. Miller

ASPARi

P.O. Box 217

7500 AE Enschede

T: +31 53 489 4601 (vast)

T: +31 6 2350 8491 (mobiel)

E: s.r.miller@utwente.nl

Begeleiding namens Roelofs

ing. A. Steenbergen

Manager Asfalt en Techniek

Postbus 12

7683 ZG Den Ham

T: +31 6 2322 9898 (mobiel)

E: a.steenbergen@roelofsgroep.nl

Begeleiding namens Asfalt Productie Westerbroek

G. Wolters

Chef AMI

Energieweg 20

9608 PZ Westerbroek

T: +31 598 361000 (vast)

E: g.wolters@apw-asfalt.nl

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van het onderzoek naar ‘CO₂-reductie bij de Asfalt Productie Westerbroek’. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van de bachelor eindopdracht voor de opleiding Civiele Techniek aan de Universiteit Twente te Enschede. Gedurende zeven weken is met veel zorg en aandacht gewerkt aan dit rapport. Het onderzoek heeft plaats gevonden van mei 2015 tot en met juli 2015.

Doordat ik voor aanvang van het onderzoek een week ziek werd, is er enige vertraging opgelopen. Hierdoor moest het onderzoek in een relatief korte periode worden uitgewerkt. Ondanks de beperkte tijd ben ik van mening een volwaardig onderzoek te hebben afgerond en ben ik erg tevreden met het eindresultaat.

Het onderzoek is uitgevoerd op initiatief van Roelofs, een modern familiebedrijf werkzaam in de ontwikkeling en realisering van Nederlandse bouw- en infraprojecten. Verder is het onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Asfalt Productie Westerbroek (APW) en wordt het gefaciliteerd door ASPARi (“Asfalt Sector Professionalisering, Research & Innovatie”). Gedurende het traject werd ik vanuit de verschillende instanties begeleid door dhr. dr. ir. Miller (ASPARi & UT), dhr. ing. A. Steenbergen (Roelofs) en dhr. G. Wolters (APW).

Bij het uitvoeren van het onderzoek zijn met name mijn begeleiders belangrijk geweest. Als begeleider vanuit de UT was dhr. ir. Miller erg waardevol. Door mij voor aanvang een literatuurstudie aangaande het te onderzoeken onderwerp te laten uitvoeren had ik een erg sterke start waarop ik gedurende het onderzoek telkens terug kon vallen. Daarnaast heeft hij mij tussentijds van veel aandachtspunten voorzien waardoor de kwaliteit van het rapport naar een hoger niveau werd getild. Mijn begeleiders wil ik graag bedanken voor hun enthousiasme en begeleiding gedurende mijn werkzaamheden bij de APW. Zij hebben voornamelijk bijgedragen doormiddel van het aanleveren van informatie en feedback tijdens de hier voor bestemde momenten.

Ten slotte wil ik graag het personeel bij de APW bedanken voor de fijne omgang, de interesse, praktische hulp en het beantwoorden van alle vragen die ik stelde. Ik heb genoten van de gemoedelijke werksfeer.

Ik wens u bij het lezen van dit rapport veel leesplezier toe.

Ruben Olthof

Westerbroek, juli 2015

Samenvatting

Asfalt is een belangrijk product in de Nederlandse infrastructuur. Jaarlijks wordt zo'n acht miljoen ton asfalt geproduceerd afkomstig uit 45 verschillende installaties. De Asfalt Productie Westerbroek (APW) is hier één van. Duurzaamheid wordt een steeds belangrijker issue binnen de industrie. Met name op het gebied van CO₂-uitstoot wordt steeds meer geïnnoveerd. Dit is mede te danken aan de door Europa opgelegde emissiehandel en marktinitiatieven als de CO₂-prestatieladder. Binnen deze kaders streeft de APW naar een verduurzaming op het gebied van CO₂-uitstoot. Op dit moment bestaat echter nog geen goed inzicht in de correlatie tussen het productieproces en de CO₂-uitstoot. In dit onderzoek wordt getracht de correlatie tussen relevante processen en parameters in het productie proces en de uitstoot in kaart te brengen. Het uiteindelijke doel is daarbij om tot specifieke aanbevelingen te komen voor de APW om de CO₂-uitstoot te reduceren.

Om deze doelstelling te bereiken zijn vanuit de literatuur en praktijk relevante parameters geïdentificeerd. In een literatuurstudie zijn eerst het asfaltmengsel en productieproces uitgelicht. Tevens werd geconcludeerd dat de CO₂-uitstoot onlosmakelijk met het gasverbruik verbonden is en met behulp van een conversiefactor rechtsreeks vertaald kan worden. Het bepalen van relevante parameters ging op basis van literatuur en vermoedens bij werknemers van de APW. Zes werknemers hebben een enquête ingevuld waarin de nodige praktijkervaring werd gedeeld. Om het onderzoek niet te omvangrijk te maken zijn de belangrijkste parameters gekozen aan de hand van multicriteria-analyse gebaseerd op scores ingevuld door de werknemers van de APW. In totaal zijn de gekozen parameters en het gasverbruik gedurende zes dagen handmatig geobserveerd. Na observatie zijn de gegevens van het gasverbruik gekoppeld met de parameters. Resultaten van deze koppeling werden vervolgens vertaald in een gerelateerde CO₂-uitstoot.

In het onderzoek zijn meegenomen het vochtgehalte van het materiaal, de mate waarin gerecycled asfalt werd bijgemengd, de invloed van het opstarten van de installatie, de branderstand van zowel de witte als zwarte brander, de planning, de eindtemperatuur van het asfalt, het aantal mengselwisselingen, het type mengsel en het productiedebiet. De productiemethodiek van mengsels is in de oorsprong voor ieder type gelijk.

Wat betreft de toevoer van gas kan gesteld worden dat elke procentuele toename in de branderstand een verhoogde CO₂-uitstoot per uur oplevert. Wel bestaat een verschil in het uitstootdebiet tussen witte en zwarte brander vanwege een verschil in vermogen ('Wit' betreft de schone grondstoffen en 'zwart' gerecycled asfalt). Er zijn duidelijke trends gevonden tussen de CO₂-uitstoot en de onderzochte parameters. Bevindingen zijn een toename in CO₂-uitstoot wanneer de bovenmaat van een mengsel afneemt. Gesteld kan worden dat een dalende lineaire trend is ondervonden. Berekend is dat een gemiddelde mengselwisseling op een productiedag zo'n 12,71 kg CO₂ kost. Om de uitstoot te verlagen is ondervonden dat het productiedebiet groter dan 200 m³/uur moet zijn. Wanneer het debiet onder deze gestelde grenswaarde komt, neemt de uitstoot exponentieel toe. Om er voor te zorgen dat de uitstoot bij het opstarten van de installatie niet meer dan 2% van de totale dagelijkse uitstoot bedraagt moet minimaal 850 ton asfalt worden geproduceerd. Verder is ondervonden dat het mogelijk is te besparen op de eindtemperatuur van het asfalt wanneer een realistisch berekende eindtemperatuur gehanteerd wordt. De echte winst is te halen op basis van het vochtgehalte. Wanneer deze met 1% afneemt kan een reductie van 1,35 kg/ton gerealiseerd worden. Tot slot is er geen waarneembare relatie aangetoond tussen het PR-materiaal en de CO₂-uitstoot.

Als aanbevelingen voor de reductie van de CO₂-uitstoot is voor de korte termijn gesteld de genoemde grenswaarden (> 200 ton/uur en >850 ton na opstart produceren) te hanteren. Daarnaast is aanbevolen het aantal mengselwisselingen zoveel mogelijk te beperken en het bewuster afstellen van de eindtemperatuur van het asfalt. Voor de lange termijn is geadviseerd een toekomstbestendige kosten/baten analyse uit te voeren voor een mogelijke overkapping van het materiaal. Hierin moet rekening gehouden worden met de toenemende importantie van CO₂-uitstoot. Om in de toekomst betere data beschikbaar te hebben is geadviseerd de reeds onderzochte parameters in kaart te blijven brengen om trends te perfectioneren. Tevens is aanbevolen de dataverzameling te automatiseren met behulp van dataloggers. Tot slot is geadviseerd vervolgonderzoek te doen naar leklucht, PR-materiaal, laag temperatuur asfalt en het nuttig gebruiken van restwarmte.

Symbolen en afkortingen

In dit rapport zullen een aantal symbolen en afkortingen worden gebruikt, de definitie en eenheid van deze symbolen en afkortingen kunt u vinden in Tabel 0-1.

Tabel 0-1. Symbolen en afkortingen die terugkomen in dit onderzoeksplan

Symbool/afkorting	Definitie	Eenheid
APW	Asfalt Productie Westerbroek	-
ASPARi	Asphalt Paving Innovation & Innovation Unit	-
c	Soortelijke warmte	J/kgK
CO₂	Koolstof dioxide	-
EAPA	European Asphalt Pavement Association	-
EEP	Energy Efficiency Plan	-
HMA	Hot Mix Asphalt	-
KWS	Koninklijke Wegenbouw Stevin	-
MCA	Multicriteria-analyse	-
PR-materiaal	Gerecycled freesasfalt	-
SKAO	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen	-
T_C	Temperatuur in Celsius	°C
T_F	Temperatuur in Fahrenheit	°F
TTW	Tank to Wheel	KgCO ₂ /eenheid
Wit materiaal	Nieuw gedolven aggregaat	-
WMA	Warm Mix Asphalt	-
WTT	Well to Tank	KgCO ₂ /eenheid
WTW	Well to Wheel	KgCO ₂ /eenheid

Inhoud

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	11
2 INTRODUCTIE	12
2.1 PROBLEEMSTELLING	12
2.2 DOELSTELLING	12
2.3 PROJECTKADER	12
2.4 CENTRALE ONDERZOEKS- EN DEELVRAGEN	13
2.5 ONDERZOEKSMETHODIEK	14
3 LITERATUURSTUDIE	16
3.1 MATERIALEN	16
3.2 ASFALTKETEN	19
3.3 ASFALTPRODUCTIEPROCES	20
3.4 CO ₂ -ANALYSE	21
3.5 CO ₂ -REDUCTIE	23
4 PRAKTIJKKENNIS	26
4.1 WERKMETHODIEK	26
4.2 OPERATIONELE WERKWIJZE	27
4.3 CO ₂ -UITSTOOT REDUCEREN	28
5 OBSERVATIES	31
5.1 PARAMETER SELECTIE	31
5.2 OBSERVATIEMETHODIEK	33
5.3 OBSERVATIES ENERGIE TOEVOER	34
5.4 OBSERVATIES GEKOZEN PARAMETERS	35
6 ANALYSE CO₂-UITSTOOT	39
6.1 RELATIE CO ₂ -UITSTOOT MET GASVERBRUIK	39
6.2 EUROPESE EMISSIEHANDEL	39
6.3 GEVOLGEN PRODUCTIEPROCES VOOR CO ₂ -UITSTOOT	40
7 CONCLUSIES	51
8 AANBEVELINGEN	55
8.1 AANBEVELINGEN VOOR DE KORTE TERMIJN	55
8.2 AANBEVELINGEN VOOR DE LANGE TERMIJN	55
REFERENTIES	57
A. BIJLAGE – ENQUÊTES	60
B. BIJLAGE – TOELICHTING ENQUÊTE	80
C. BIJLAGE – KLEURENCODERING MENGSELS	82
D. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 07-07-2015	83
E. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 08-07-2015	84
F. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 09-07-2015	86
G. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 10-07-2015	88
H. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 14-07-2015	89
I. BIJLAGE - UITWERKING OBSERVATIES 16-07-2015	91
J. BIJLAGE – TEMPERATUUR IN- EN UITGANG FILTER	92

Tabellen

TABEL 0-1. SYMBOLEN EN AFKORTINGEN DIE TERUGKOMEN IN DIT ONDERZOEKSPLAN.....	7
TABEL 3-1. TYPEN ASFALT GESCHIEDEN OP BASIS VAN TEMPERATUUR (FNV BOUW, 2010).....	18
TABEL 3-2. CODERING VAN MENGSELEIGENSCHAPPEN	19
TABEL 3-3. KWALITATIEVE WAARDERING VAN BENOEMDE MEETMETHODES.....	22
TABEL 3-4. OVERZICHT VAN IN DE LITERATUUR BESCHREVEN CO ₂ -REDUCTIE METHODIEKEN	25
TABEL 4-1. PARAMETERS SCORELIJST ENQUÊTE.....	29
TABEL 4-2. MULTICRITERIA ANALYSE	30
TABEL 5-1. PARAMETER SELECTIE OP BASIS VAN MCA	31
TABEL 5-2. FORMAT MICROSOFT EXCELSHEET VOOR PARAMETER REGISTRATIE.....	33
TABEL 5-3. FORMAT REGISTRATIE GASVERBRUIK IN MICROSOFT EXCEL	34
TABEL 5-4. GEMIDDELDE BRANDERSSTANDEN PER MENGSELGROEP	35
TABEL 5-5. MINIMUM EN MAXIMUM TEMPERATUREN VOOR TOEPASSEN BITUMEN	35
TABEL 5-6. GEMETEN TEMPERATUREN GEDURENDE OBSERVATIEPERIODE.....	35
TABEL 5-7. DEBIET OVER GEHELE GEMETEN DAG	37
TABEL 5-8. GEMETEN VOCHTPERCENTAGES OVER OBSERVATIEPERIODE	38
TABEL 6-1. CONVERSIEFACTOREN CO ₂	39
TABEL 6-2. VERMOGEN WITTE EN ZWARTE BRANDER.	40
TABEL 6-3. MAXIMALE GASDEBIET VAN BRANDERS.....	40
TABEL 6-4. TOENAME IN GASVERBRUIK EN CO ₂ -UITSTOOT BIJ STIJGING VAN 1% VAN BRANDERSSTAND	41
TABEL 6-5. VERSCHIL IN GEMIDDELD GASVERBRUIK PER TON ASFALT PER BOVENMAAT	43
TABEL 6-6. VERWACHTING GASVERBRUIK BIJ TOENAME PRODUCTIEDEBIET.....	46
TABEL 6-7. UITGANGSPUNTEN THEORETISCHE BENADERING RELATIE VOCHTGEHALTE MET GASVERBRUIK.....	48
TABEL 6-8. GASVERBRUIK OP BASIS VAN EINDTEMPERATUUR.....	49
TABEL 6-9. MOGELIJKE BESPARINGEN OP GASVERBRUIK EN CO ₂ OP BASIS VAN EINDTEMPERATUREN.....	49
TABEL 6-10. GEMIDDELDE TEMPERATUREN BIJ FILTERINGANG EN UITGANG.....	50
BIJLAGE TABEL I. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	62
BIJLAGE TABEL II. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	66
BIJLAGE TABEL III. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	68
BIJLAGE TABEL IV. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	71
BIJLAGE TABEL V. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	75
BIJLAGE TABEL VI. PARAMETERS DIE INVLOED UITOEFENEN OP HET GASVERBRUIK BINNEN HET ASFALTPRODUCTIEPROCES.	78

Figuren

FIGUUR 2-1. SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET ONDERZOEKSMODEL	14
FIGUUR 3-1. SECTION 1 CONCRETE MIX DESIGN 1. CONCRETE INGREDIENTS AGGREGATES FINE COARSE PORTLAND CEMENT (PC) WATER ADMIXTURES PASTE = PC + WATER MORTAR = PC + WATER. HERDRUKT VAN SLIDEPLAYER WEBSITE, DOOR A. DENMAN, 2014, GERAADPLEEGD OP HTTP://SLIDEPLAYER.COM/SLIDE/1567340/	17
FIGUUR 3-2. OPBOUW VAN WEGCONSTRUCTIE	18
FIGUUR 3-3. SCHEMATISCHE WEERGAVE ASFALTKETEN (VISSER & JONKER, 2011; JORRITSMA, 2010).....	19
FIGUUR 3-4. OVERZICHT BEDRIJFSACTIVITEITEN. BEWERKT VAN “METHODOLOGIERAPPORT CO ₂ -ALLOCATIE-AANVRAAG: O.B.V. STANDAARD CO ₂ METHODOLOGIERAPPORT VOOR ASFALTMENGINSTALLATIES,” DOOR S. JORRITSMA EN G. WOLTERS, 2011, P. 7	21
FIGUUR 3-5. VERSCHILLENDE TYPEN ASFALTMENGSELS (D'ANGELO ET AL., 2008).....	23
FIGUUR 5-1. VISUALISATIE VAN HET EFFECT VAN EEN REGENBUI OP DE ASFALTPRODUCTIE-INSTALLATIE	38
FIGUUR 6-1. GASVERBRUIK PER UUR UITGEZET TEGEN DE GEOBSERVEERDE GECOMBINEERDE BRANDERSTANDEN	41
FIGUUR 6-2. HET GASVERBRUIK PER TON ASFALT UITGEZET TEGEN DE BOVENMAAT VAN DE BETREFFENDE MENGSELS.....	42
FIGUUR 6-3. HET GASVERBRUIK UITGEZET TEGEN HET PERCENTAGE PR-MATERIAAL	43
FIGUUR 6-4. GASVERBRUIK BIJ VARIATIE IN PR-MATERIAAL IN AC 16 SURF.....	44
FIGUUR 6-5. PIEK IN GASVERBRUIK BIJ MENGSELWISSELING	44
FIGUUR 6-6. GASVERBRUIK NAAR PRODUCTIEDEBIET.....	45
FIGUUR 6-7. AANDEEL VAN DE OPSTARTKOSTEN IN HET DAGELIJKS VERBRUIK UITGEZET TEGEN HET PRODUCTIEVOLUME	46
FIGUUR 6-8. GASVERBRUIK PER TON ASFALT UITGEZET TEGEN HET VOCHTGEHALTE	47
FIGUUR 6-9. ENERGIE OMZETTING VAN WARMTE NAAR ELEKTRICITEIT	50

1 Inleiding

Asfalt is een belangrijk product in de Nederlandse infrastructuur. Met een wegennetwerk van ruim 130.000 kilometer verharde weg bezit Nederland het dichtst vertakte wegennetwerk van de wereld (TNO, z.j.). Voor de aanleg en onderhoud van deze wegen wordt jaarlijks circa acht miljoen ton asfalt verwerkt (Transumo, 2009) afkomstig uit ongeveer 45 productie-installaties (VBW-Asfalt, 2014). De asfaltcentrale vormt hiermee de schakel tussen de grondstof- en uitvoeringsfase.

De APW is één van de asfaltproductie-installaties in Nederland en de enige in Groningen. De centrale is eigendom van vier aandeelhouders, Oosterhof Holman Infra, Koninklijke S. Dijkstra, Koninklijke Wegenbouw Stevin (KWS) en Roelofs. Desondanks opereert de centrale wel zelfstandig onder een eigen management. In dit management zitten afgevaardigden van de aandeelhouders aangevuld met de chef asfaltinstallatie, die verantwoordelijk is voor de alledaagse gang van zaken. Andere functies binnen de APW zijn menger, shovel- en kraanmachinist, laborant, monteur en administratief medewerker.

Het onderzoek binnen de APW is geïnitieerd door aandeelhouder Roelofs. Zij zijn aangesloten bij het ASPARi-netwerk. ASPARi is gevestigd op de UT waar zij naast de alledaagse werkzaamheden ook studenten de kans geven gebruik te maken van hun netwerk om onderzoek te kunnen doen. Via ASPARi zocht Roelofs een student om onderzoek te doen naar CO₂-reductie bij de APW.

Duurzaamheid, of in dit geval CO₂-uitstoot, wordt een steeds belangrijker issue in het moderne sociale landschap. De maatschappij wordt zich steeds meer bewust van de menselijke invloed op het klimaat. De Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen (SKAO, 2011) stelt dat bedrijven, in navolging van de maatschappij, duurzaamheid steeds vaker integreren in hun beleid. Opvallend is echter wel de vooruitgang die de bouwsector boekt in de verduurzaming van de productieketen, aldus SKAO (2011). Zij beweren dat dit met name aan de beheersing van CO₂-uitstoot te danken is. Dit hangt volgens de stichting nauw samen met het toenemende gebruik van de CO₂-prestatieladder, een instrument om bedrijven te helpen bij het reduceren van de CO₂-uitstoot en daarnaast deze ambitie stimuleert met behulp van een fictieve gunning bij aanbestedingen (SKAO, [ca. 2013]). Daarnaast draagt ook de overheid bij aan deze trend door CO₂-uitstoot te reguleren met behulp van emissiehandel (Milieuloket, [ca. 2014]). Kortgezegd betekent dit dat bedrijven emissierechten van de overheid moeten kopen om CO₂ te mogen uitstoten.

Voor asfaltcentrales als de APW is het noodzakelijk om in de toekomst rekening te houden met CO₂-uitstoot om op die manier een sterke marktpositie te veroveren. Met de inkoop van CO₂-certificaten verwerft een aannemer een fictieve korting op de inschrijfprijs van een aanbesteding. In het geval van de CO₂-prestatieladder bepaalt het niveau op de ladder het voordeel bij de gunningsafweging (SKAO, [ca. 2013]). Hierdoor is de aannemer bereid meer te betalen voor het te gebruiken asfalt, mits er minder CO₂ is uitgestoten gedurende het productieproces. Ten tweede is het voordelig om CO₂-uitstoot te beperken, zodat de centrale zo min mogelijk emissierechten hoeft in te kopen. Tenslotte hangt CO₂-uitstoot ook nauw samen met energieverbruik. Wanneer minder energie wordt verbruikt gedurende het productieproces levert dit significante dalingen in de uitgaven op.

2 Introductie

Hoofdstuk 2 introduceert het onderzoek. Om de kern van het onderzoek uiteen te zetten worden eerst de probleem- en doelstelling geformuleerd. Deze dienen inzicht te geven in de achterliggende reden en het uiteindelijke doel van het onderzoek. Vervolgens worden in hoofdstuk 2.3 de kaders van het onderzoek afgebakend om te voorkomen dat het onderzoek te omvangrijk wordt in verhouding met de beschikbare tijd. Het bereiken van het onderzoeksdoel gebeurt aan de hand van een hoofdonderzoeksvraag ondersteunt door een aantal deelvragen. De wijze waarop deze vragen worden beantwoord is beschreven in de onderzoeksmethodiek. Hierin worden specifieke opeenvolgende stappen beschreven welke leiden tot de beantwoording van de centrale onderzoeks- en deelvragen.

2.1 Probleemstelling

Met het oog op de voordelen die te verkrijgen zijn met het inkopen van CO₂-certificaten wil de APW bekijken welke mogelijkheden er zijn om de uitstoot van CO₂ in de centrale te verlagen. Ondanks de aanwezigheid van een CO₂-allocatierapport, benodigd voor de participatie in emissiehandel, is er weinig bekend over de specifieke stand van zaken. Het door KWS op schrift gestelde rapport beschrijft een methodologie welke CO₂-uitstoot bepaalt aan de hand van de brandstofbenchmark, een methode waarbij de uitstoot wordt gemeten met brandstofgebruik als bepalende parameter (Jorritsma & Wolters, 2011). Echter wordt het brandstofverbruik afgeschat op basis van een jaarlijks gemiddelde welke is berekend middels de jaarafrekening van de gasleverancier. Het gebrek aan specifiekere data illustreert dat het huidige productieproces voornamelijk wordt bepaald door ervaring en vakmanschap in plaats van expliciete kennis betreffende de relatie tussen het productieproces en CO₂-uitstoot. Vanwege het gebrek aan inzicht in deze relatie is het onduidelijk welke methodes kunnen leiden tot effectieve CO₂-reductie. Hieruit komt de volgende probleemstelling naar voren:

“Doordat het productieproces binnen de APW voornamelijk is gebaseerd op ervaring en vakmanschap, is de correlatie met CO₂-uitstoot niet voldoende duidelijk waardoor onbekend is hoe reductie effectief gerealiseerd kan worden.”

2.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het doen van op onderzoek gestaafe aanbevelingen op welk gebied CO₂-uitstoot gereduceerd kan worden. Door inzicht in het productieproces en de correlatie van dit proces met CO₂-uitstoot te krijgen moet tot deze aanbevelingen gekomen worden. Met behulp van een analyse van de geobserveerde resultaten moet worden aangetoond waar in het productieproces ruimte is voor het reduceren van CO₂-uitstoot. Samenvattend komt daar de volgende doelstelling uit naar voren:

“Het komen tot specifieke aanbevelingen voor de APW om de CO₂-uitstoot te reduceren door inzicht te krijgen in de correlatie tussen het productieproces en de CO₂ die gedurende dit proces wordt uitgestoten.”

2.3 Projectkader

Vanwege de relatief korte tijdspanne die beschikbaar is voor het onderzoek, is het noodzakelijk de kaders goed af te bakenen. Dit om te voorkomen dat het onderzoek te omvangrijk wordt. Ten eerste zal uitsluitend gekeken worden naar de bestaande asfaltinstallatie bij de APW en komen andere asfaltcentrales niet aan bod. Door het uitsluiten van andere instanties wordt de input voor het onderzoek beperkt tot alleen

mijn begeleiders, ikzelf en zowel het management als personeel van de APW. Daarnaast worden voorafgaand aan het onderzoek de belangrijkste te onderzoeken processen en parameters geselecteerd op basis van literatuuronderzoek en praktijkervaring van de betrokkenen. Het meenemen van alle factoren die mogelijk effect hebben op de CO₂-uitstoot is te omvangrijk om binnen de gestelde tijdspanne uit te werken. Als laatste is het onderzoek bedoeld om kwantitatief aan te tonen welke effecten de geselecteerde processen en parameters hebben op de CO₂-uitstoot. Door een dergelijk verband aan te tonen kan ingeschat worden hoeveel reductie een mogelijke oplossingsmethodiek oplevert. De uitwerking van een daadwerkelijke oplossing wordt niet in dit onderzoek behandeld.

2.4 Centrale onderzoeks- en deelvragen

Gegeven de probleem- en doelstelling kan een centrale onderzoeksvraag worden opgesteld. Deze is als volgt geformuleerd:

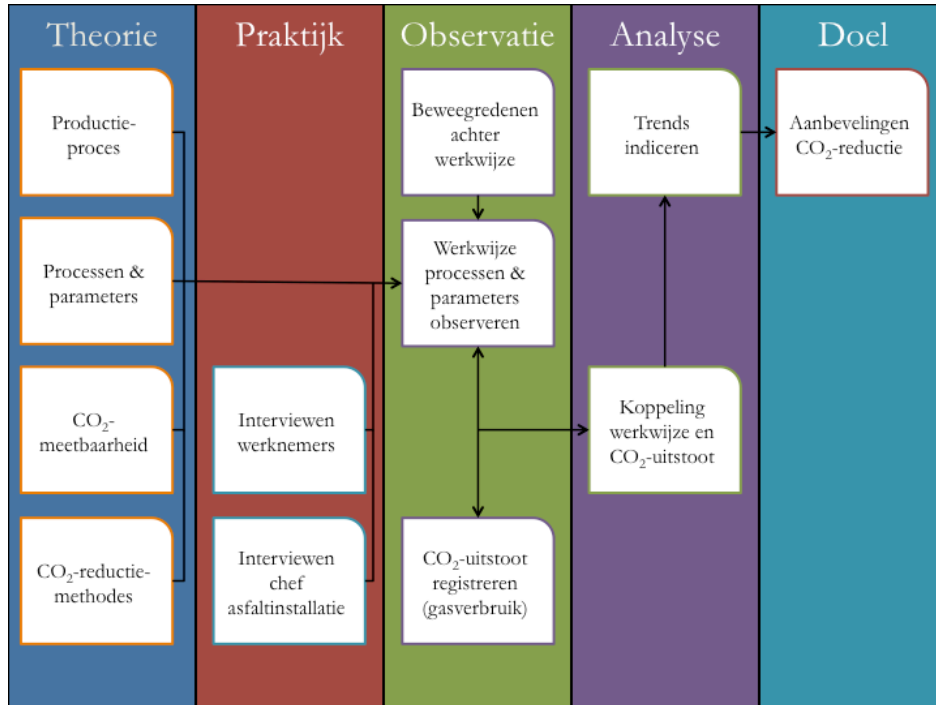
“Op welke wijze wordt de CO₂-uitstoot gedurende het asfaltproductieproces binnen de Asfalt Productie Westerbroek beïnvloed en waar liggen, gegeven de huidige installatie, mogelijkheden om de uitstoot te reduceren?”

De beantwoording van de hoofdvraag gebeurt stapsgewijs aan de hand van deelvragen. Uit de verkregen kennis, ontleent aan de beantwoording van de deelvragen wordt de onderzoeksvraag beantwoord. Uiteindelijk worden er aanbevelingen gedaan om de resultaten en conclusies van het onderzoek te kunnen implementeren binnen de organisatie. Geldende voor dit specifieke onderzoek zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- 1. Welke CO₂-reductiemethodes beschrijft de literatuur op het gebied van asfaltcentrales?**
 - 1.1. Hoe verloopt het asfaltproductieproces bij de APW?
 - 1.2. Hoe kan CO₂-uitstoot meetbaar gemaakt worden?
 - 1.3. Welke processen en parameters binnen het asfaltproductieproces beïnvloeden de CO₂-uitstoot?
 - 1.4. Welke CO₂-reductiemethodes aangaande het asfaltproductieproces zijn reeds bekend in de literatuur?
- 2. Welke processen en parameters van het asfaltproductieproces om CO₂-uitstoot te reduceren worden vanuit de praktijk ondervonden?**
 - 2.1. Welke processen en parameters veronderstellen de werknemers van de APW als relevant voor het reduceren van de CO₂-uitstoot?
 - 2.2. Welke processen en parameters veronderstelt de chef van de asfaltinstallatie als relevant voor het reduceren van de CO₂-uitstoot?
- 3. Hoe wordt bij de APW te werk gegaan met het oog op de voor CO₂-uitstoot belangrijkste processen en parameters?**
 - 3.1. Welke aan CO₂-uitstoot gerelateerde keuzes worden gemaakt bij de APW?
 - 3.2. Hoe worden de belangrijkste processen en parameters gemeten bij de APW?
 - 3.3. Welke beweegredenen schuilen achter de onder 3.1 genoemde specifieke keuzes?
- 4. Hoe beïnvloedt de werkwijze van de APW de CO₂-uitstoot van de centrale?**
 - 4.1. Hoeveel gas wordt er gedurende het asfaltproductieproces bij de APW verbruikt?
 - 4.2. Wat is de invloed van de belangrijkste processen en parameters op dit gasverbruik?
 - 4.3. Welke verbanden zijn vast te stellen tussen CO₂-uitstoot en de belangrijkste processen en parameters?

2.5 Onderzoeksmethodiek

Het onderzoeksmodel afgebeeld in Figuur 2-1 is opgesteld om de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag op een gestructureerde manier te kunnen beantwoorden. Het geeft inzicht in de te nemen stappen, welke weer gekoppeld kunnen worden aan de onderzoeksvragen.



Figuur 2-1. Schematische weergave van het onderzoeksmodel

De beantwoording van de eerste deelvraag vindt plaats in het theorieblok van het onderzoeksmodel. Hierin wordt vanuit de literatuur naar informatie gezocht betreffende de thema's productieproces, processen en parameters en CO₂-reductie methodes. De literatuurstudie dient als theoretische basis voor het onderzoek en daarnaast fungeert het als hulpmiddel om het onderzoek te sturen. Op basis van de beschikbare informatie krijgt het onderzoek een bepaalde richting.

Deelvraag twee omvat het bemachtigen van de aanwezige praktijkkennis en ervaring van personeel en management. Met name op gebied van processen en parameters die relevant zijn voor het onderzoek is het voordelig om gebruik te maken van de aanwezige kennis en ervaring omtrent de asfaltproductie bij de APW. In combinatie met de kennis verkrijgbaar uit literatuur is het de bedoeling om met behulp van enquêtes de belangrijkste processen en parameters uit het geheel te filteren. Om een beeld te krijgen van de beschikbare praktijkkennis is het de bedoeling om in eerste instantie in onderlinge gesprekken een beeld te krijgen van de gang van zaken bij de APW en daarnaast eventuele onvolkomenheden van de literatuurstudie te complementeren. Daarna zullen zowel een lid van het management als de werknemers van de APW geënquêteerd worden. De enquête gaat bestaan uit een gestandaardiseerde vragenlijst aangevuld met een scorekaart waarin de voor het onderzoek relevante parameters becijfert kunnen worden met cijfers tussen de 1 (onbelangrijk) en 5 (heel belangrijk).

Gedurende het observatieblok is het de bedoeling de gekozen parameters te bestuderen. Zij worden vastgelegd met behulp van Microsoft Excel om zodoende in het analyseblok een mogelijke relatie aan te kunnen tonen tussen de geobserveerde parameters en de

CO₂-uitstoot. Het kiezen van de te observeren parameters gebeurt aan de hand van de praktijkkennis verworven doormiddel van de afgenomen enquêtes.

Op het gebied van data worden reeds de volgende zaken uitgevoerd. Om de vier weken worden de gasstanden en elektra opgenomen en gerapporteerd. Daarnaast wordt gedurende het productieproces toezicht gehouden op het gasverbruik van afzonderlijk de witte trommel en paralleltrommel via een separate computer. Als laatste worden ook monsters genomen van de binnengekomen grondstoffen en het PR-materiaal om het vochtgehalte te bepalen. Deze rauwe materialen liggen soms enkele weken tot maanden in open bunkers waardoor weersinvloeden op het vochtgehalte niet bekend zijn. Het aansturen van de asfaltproductie-installatie gebeurt met een vast besturingssysteem.

In het analyseblok moet de geobserveerde data geanalyseerd worden. De sub-deelvragen worden beantwoord met de uitkomsten van de analyse. Voor de hand ligt om CO₂-uitstoot te relateren aan het gasverbruik om zo indirect de CO₂-uitstoot te bepalen.

Het gasverbruik wordt gekoppeld aan de geobserveerde processen en parameters om zo de invloed van de verschillende factoren op het gasverbruik te bepalen. Uiteindelijk is het doel van het analyseblok om verbanden aan te tonen tussen de belangrijkste processen en parameters en het gasverbruik.

Om het eerste deel van de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden kan worden teruggekeken naar de deelvragen. De observaties en aan te tonen verbanden moeten uitwijzen hoe de bestaande werkwijze de CO₂-uitstoot in het productieproces beïnvloedt. Voor het tweede deel van de onderzoeksvraag moet aan de hand van de geïndiceerde trends gekeken worden waar mogelijkheden liggen om de CO₂-uitstoot te reduceren. CO₂-reductie methodes die zijn benoemd in het literatuuronderzoek of zijn aangedragen in de enquêtes kunnen hiervoor een opzet zijn.

3 Literatuurstudie

Dit hoofdstuk behandelt relevante literatuur voor het onderzoek. De literatuurstudie is bedoeld om inzicht te krijgen in het product en het productieproces van asfalt en met name de relatie van beide ten opzichte van de CO₂-uitstoot. Daarnaast wordt ingegaan op reeds onderzochte mogelijkheden voor de reductie van CO₂-uitstoot en het meetbaar maken van de uitstoot. De literatuurstudie wordt systematisch opgebouwd. Als eerste wordt het product in kaart gebracht. Hoofdstuk 3.1 gaat in op de materialen in asfalt en verschillende typen mengsels. Vervolgens wordt de asfaltketen uitgelicht gevolgd door een uitwerking van het asfaltproductieproces zoals deze is beschreven in de literatuur. Tot slot wordt in de laatste twee hoofdstukken (3.4 en 3.5) het CO₂-aspect binnen het productieproces behandeld. Hoofdstuk 3.4 gaat in op verschillende manieren om CO₂ meetbaar te maken in asfaltcentrales, terwijl hoofdstuk 3.5 CO₂-reductie methodes behandelt en de hieraan gelieerde processen en parameters.

3.1 Materialen

De primaire grondstoffen benodigd voor de productie van asfalt zijn steenslag, zand, vulstof en bitumen (Jorritsma, 2010). De steenslag, zand en vulstof vallen onder de verzamelnaam aggregaat. Eerst zal worden ingehaakt op deze zogenaamde aggregaten. Daarna volgt informatie over de bitumen en tenslotte worden verschillende typen mengsels en hun functie onderscheiden.

3.1.1 Aggregaten

Steenslag, zand en vulstof zijn allen mineraal aggregaten. Deze grondstoffen worden vaak als inerte materialen beschouwd, maar uit de praktijk blijkt dat de karakteristieken van aggregaten dagelijks veranderen (Gillespie, 2012). Een voorbeeld hiervan is het vochtgehalte. Wanneer een aggregaat vochtig is kan deze tot 50% van zijn sterkte verliezen in vergelijking tot een droog exemplaar (Hunter, 2000).

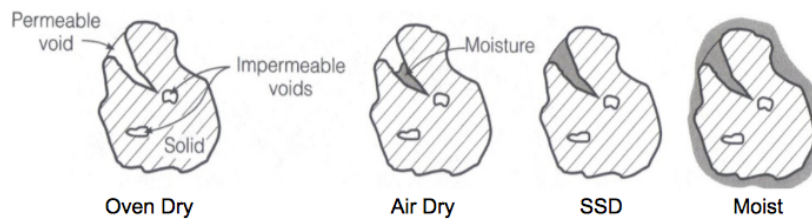
Natuurlijke aggregaten worden verkregen uit steengroeves, ontgravingen van land en baggeren uit rivier- of zeesedimenten (Hunter, 2000). Er wordt onderscheid gemaakt tussen diverse aggregaten op basis van de korrelafmeting. De volgende onderverdeling is vastgesteld door Jorritsma (2010)

- Steenslag – korrelafmeting > 2 mm;
- Zand – $63\ \mu\text{m} < \text{korrelafmeting} < 2\ \text{mm}$;
- Vulstof – korrelafmeting < $63\ \mu\text{m}$.

Vulstof wordt op twee verschillende manier verkregen. Naast het inkopen van fabrieksvulstoffen ontstaat er ook vulstof gedurende het asfaltproductieproces zelf. Enerzijds is dit afkomstig uit het ontstoffingssysteem en anderzijds door slijtage van grotere aggregaten gedurende het productieproces (Jorritsma, 2010).

De belangrijkste eigenschap van de verschillende korrelafmetingen is het creëren van ruimtes tussen het aggregaat. Deze ruimtes worden gevuld met bitumen om de aggregaten te binden. Een goed mengsel van verschillende afmetingen aggregaten is nodig, omdat te grote ruimtes resulteert in te zwak asfalt terwijl te kleine ruimtes resulteert in een lage viscositeit waardoor het asfalt niet meer bewerkbaar is (Roberts et al., 1991).

Een andere conditie die van invloed is op het aggregaat is de vochtigheid. Dit kan worden onderverdeeld in vier verschillende gradaties. Deze condities zijn weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1. Section 1 Concrete Mix Design 1. CONCRETE INGREDIENTS Aggregates Fine Coarse Portland Cement (PC) Water Admixtures Paste = PC + Water Mortar = PC + Water. Herdrukt van slideplayer website, door A. Denman, 2014, geraadpleegd op <http://slideplayer.com/slide/1567340/>

Aggregaat dat 'Oven Dry' is, is volledig vrij van vocht. Dit kan gerealiseerd worden door het aggregaat te drogen in een oven op 105°C (Gillespie, 2012). De conditie 'Air Dry' houdt in dat het oppervlakte van het aggregaat droog is, maar dat de scheuren verbonden met het oppervlak gedeeltelijk gevuld zijn met vocht. In de 'Saturated Surface Dry' (SSD) conditie zijn deze scheuren volledig gevuld met vocht. De laatste conditie, 'Moist' houdt in dat zowel het oppervlak als de toegankelijke scheuren gevuld zijn met vocht. De condities weergegeven in Figuur 3-1 bepalen de sterkte en absorptievermogen van het aggregaat. Van links naar rechts nemen beide aspecten af.

Naast mineraalaggregaten is het ook mogelijk oud asfalt te recyclen. Het oude asfalt, ook wel PR-materiaal of freesasfalt genoemd, vervangt de nieuw gedolven grondstoffen in het asfaltmengsel. Het materiaal is afkomstig van projecten waar onderhoud of vernieuwing van het oude asfalt plaatsvindt. Het maximale percentage PR-materiaal in een mengsel is afhankelijk van de specifiek te produceren asfaltsoort, zodat de eigenschappen van het mengsel niet worden aangetast (Jorritsma, 2010). Daarnaast bevinden zich al bitumen in het freesasfalt waardoor het materiaal in het productieproces op minder hoge temperaturen verwarmd kan worden in verband met brandgevaar.

3.1.2 Bitumen

Om de aggregaten te binden wordt gebruik gemaakt van bitumen. Volgens Jorritsma (2010) wordt deze substantie verkregen door het verwijderen van de lichtere substanties uit ruwe aardolie, als petroleum, benzine en diesel tijdens het raffinageproces. Voor de bereiding van asfalt zijn bitumen echter pas bruikbaar bij een lage viscositeit of anders gezegd een hoge vloeibaarheid. Het bereiken van een lage viscositeit bij bitumen kan met de volgende methodes worden bereikt:

- Verhitten tussen de 150°C en 200°C;
- Verdunnen met relatief niet-vluchtige oliën; vloeibitumen;
- Emulgeren in water; bitumenemulsies.

De verschillende typen bitumen en hun eigenschappen zijn vastgelegd in Europese normen (NEN-EN).

3.1.3 Asfalt

Ondanks dat vaststaat dat asfalt een mengsel van aggregaten en bitumen is, zijn er veel verschillende soorten mengsels te vormen. Deze mengsels hebben allen verschillende eigenschappen geschikt voor diverse typen wegen en omstandigheden zoals bijvoorbeeld

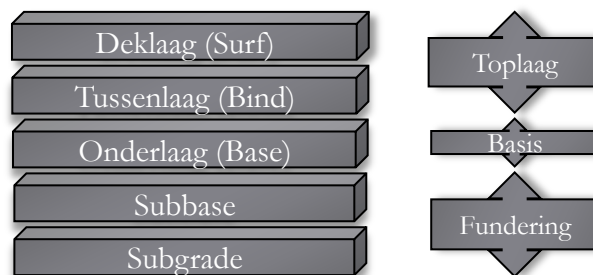
extreme weercondities (Read & Whiteoak, 2003). Volgens Pike (1990) zijn de eigenschappen van het te produceren asfalt afhankelijk van de verhouding waarin de verschillende typen aggregaat voorkomen in het mengsel. Dit is gerelateerd aan het volume van de ruimtes tussen de aggregaten. Over het algemeen ligt het volume van het aggregaat tussen de 75 en 90 procent van het totale asfaltmengsel (Pike, 1990). De hoeveelheid bitumen ligt gemiddeld op zo'n vijf procent van het totale gewicht (European Asphalt Pavement Association [EAPA], [ca. 2012]).

Naast onderscheid op basis van de aggregaat samenstelling is er ook onderscheid te maken op basis van temperatuur. Deze scheiding is weergegeven in Tabel 3-1. Om op lagere temperaturen de bitumen vloeibaar genoeg te krijgen zijn verschillende technieken ontworpen. Meestal gebeurt dit door organische of chemische additieven of zeoliet toe te voegen.

Tabel 3-1. Typen asfalt gescheiden op basis van temperatuur (FNV Bouw, 2010)

Type	Min. Temp. (°C)	Max. Temp. (°C)
Warm asfalt	160	170
Half warm asfalt	110	130
Lage-temperatuur asfalt	-	100
Koud asfalt	*Wordt niet verwarmd	-

Moderne wegen bestaan uit drie op elkaar gelegen componenten. De onderste laag fungeert als fundering en ligt direct op de ondergrond. Het bestaat uit gegradeerde stenen en zorgt voor de stabiliteit van de weg. Daarnaast beschermt de fundering tegen weersomstandigheden die mogelijk instabiliteit in de ondergrond veroorzaken. De tweede component is de onderlaag van de weg. Dit is de belangrijkste structurele laag van de wegconstructie, omdat het de wiellast van voertuigen gelijkmatig verdeeld over de weg (Rogers, 2008). Hierdoor wordt de fundering ontlast en wordt schade hieraan voorkomen. De laatste laag is de topklaag. Deze laag vereist weinig onderhoud, heeft een behoorlijke levensduur en is voorzien van een antislippervlak. Verder moet het waterpenetratie voorkomen evenals toekomstige scheuren (Rogers, 2008). De topklaag bestaat in veel gevallen uit een tussen- en deklaag. In Figuur 3-2 zijn de verschillende componenten van de weg schematisch weergegeven.



Figuur 3-2. Opbouw van wegconstructie

Over het algemeen zijn er twee verschillende soorten wegen te onderscheiden. Een flexibele en een stijve variant. Het verschil tussen beide zit hem in of de basis- en topklaag uit één asfaltplaat bestaat (stijf) of in meerdere lagen zijn opgesplitst (flexibel) (Walsh, 2011).

Omdat er veel asfaltmengsels bestaan, bestaat er een codering om aan te geven om wat voor een mengsel het gaat. De specificatie van deze codering is vastgelegd in een Europese norm (NEN-EN 13108 serie). Voor asfaltbeton, steenmasticasfalt (SMA) en zeer open asfaltbeton (ZOAB) wordt deze codering als volgt gedefinieerd:

AC D aaaa xx-x (codering voor asfaltbeton)

- ‘AC’ voor ‘asfaltbeton’ (Asphalt Concrete),
 - ‘D’ voor de bovenmaat van het toeslagmateriaal in het mengsel,
 - ‘aaaa’ voor de functie van de laag (surf, bind of base),
 - ‘bbb-bb’ voor de mengseleigenschappen en bijbehorende klasse (IB, A, B of C)
- * klasse wordt bepaald aan de hand van de te verwachten vrachtwagenintensiteit.

De codering en beschrijving van de diverse mengseleigenschappen staan in Tabel 3-2 afgebeeld.

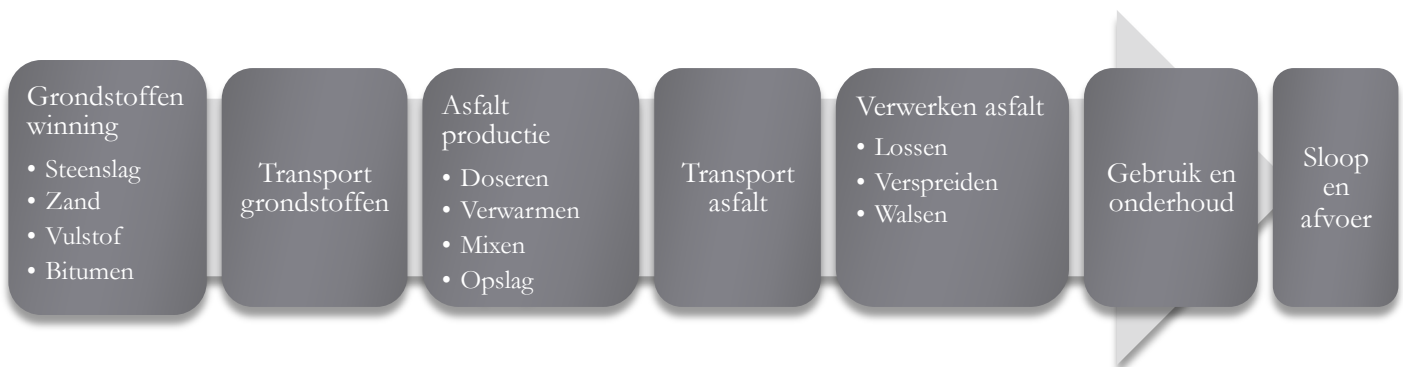
Tabel 3-2. Codering van mengseleigenschappen

Afkorting	Beschrijving
DL	Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor deklagen.
OL	Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor onderlagen.
TL	Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor tussenlagen.
TDL	Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor tussenlagen toegepast als tijdelijke deklaag.
TLZ	Categorie eigenschappen voor een asfaltbetonmengsel voor tussenlagen onder een ZOAB deklaag.

Voor SMA en ZOAB geldt een vergelijkbare codering. Echter wordt hier de functie weggelaten en worden niet de mengseleigenschappen gedefinieerd, maar de bitumengrade van het bindmiddel. Dit houdt verband met de empirische beschrijving van deze mengsels. De normen van SMA en ZOAB geven nog geen mogelijkheid om de mengsels functioneel te specificeren. Bij AC hoeft de bitumengrade niet te worden benoemd, omdat de producent de ruimte heeft binnen de marges van de functionele eigenschappen die beschreven staan. (CROW, 2010)

3.2 Asfaltketen

De asfaltketen is de gehele cyclus die het asfalt doorloopt van grondstof- tot afdankfase. Bij het onderzoek naar CO₂-reductie is het belangrijk de gehele asfaltketen te bekijken om de eventuele gevolgen van ingrijpen in het productieproces mee te nemen. In Figuur 3-3 zijn de verschillende fase in de asfaltketen afgebeeld.



Figuur 3-3. Schematische weergave asfaltketen (Visser & Jonker, 2011; Jorritsma, 2010)

De schematische weergave in Figuur 3-3 is gebaseerd op de gepresenteerde asfaltketens door Visser en Jonker (2011) en Jorritsma (2010). Echter is deze keten onvolledig, omdat het recycleproces niet is afgebeeld. Jorritsma (2010) stelt dat dit proces zich afspeelt tussen de productiefase en zowel de ‘gebruik en onderhoudsfase’ als de ‘sloop en afvoerfase’. Recyclebaar asfalt dat vrijkomt bij onderhoud of vervanging wordt rechtstreeks getransporteerd naar de asfaltproductie, waar het als grondstof wordt gebruikt om nieuw asfalt te vervaardigen.

3.3 Asfaltproductieproces

De asfaltproductie is de schakel tussen grondstoffen en het uiteindelijke product. Het proces vindt plaats in de asfaltmenginstallatie welke op zijn beurt is onder te verdelen in drie verschillende soorten (Jorritsma, 2010). Deze drie soorten asfaltinstallaties worden bepaald op basis van de wijze waarop afgewogen en gemengd wordt. Te onderscheiden zijn:

- Discontinuu systeem; Chargemenger
- Semi-continuu systeem
- Continu systeem; Trommelmenger

Volgens Jorritsma (2010) komt het discontinue systeem met behulp van een chargemenger het meeste voor in Nederland. In dit systeem wordt het asfalt lading voor lading geproduceerd. Daarnaast zijn de droogtrommel en mengbak aparte machines waartussen warme wachtsilo's fungeren als buffer (VITO, 2012). Dit in tegenstelling tot het continue systeem waarin de droogtrommelmenger één geheel vormt. Gedurende het productieproces is de dosering hierdoor niet meer bij te sturen in een continu systeem. Uit het Energy Efficiency Plan-rapport (EEP-rapport) van Hamstra en Everts (2012) blijkt dat de asfaltmenginstallatie te Westerbroek gebruik maakt van een discontinue systeem.

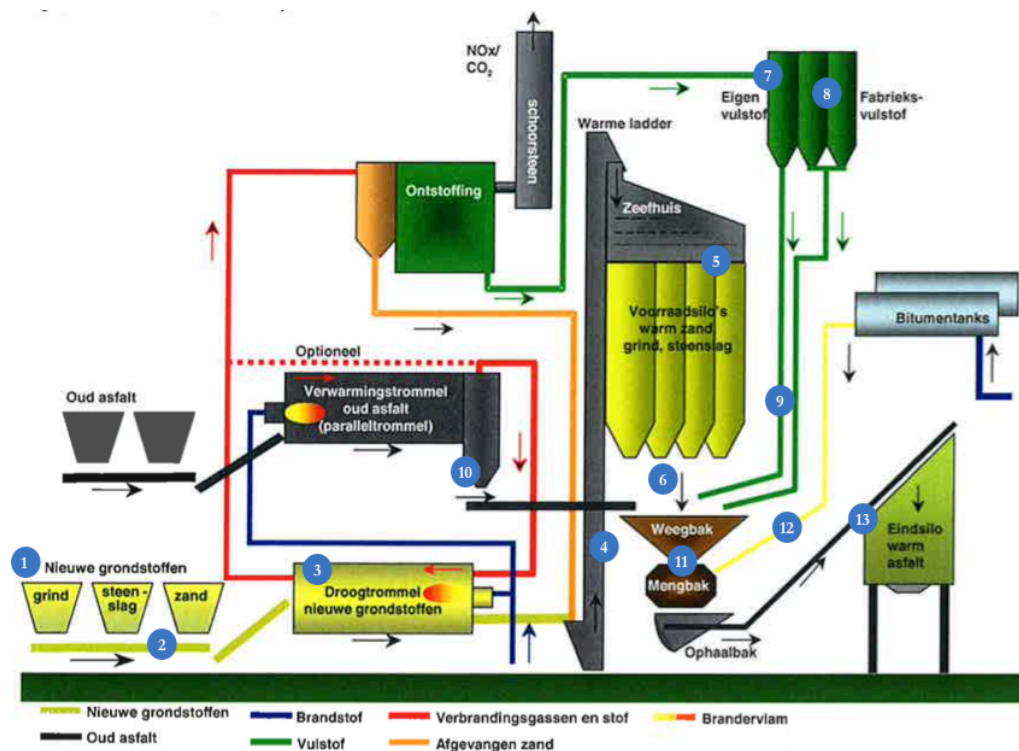
Zoals aangegeven is de asfaltmenginstallatie van de APW een discontinue systeem met chargemenger. Figuur 3-4 geeft het procesoverzicht in de asfaltmenginstallatie weer. Onderstaande procesbeschrijving is gebaseerd op de beschrijving gedaan in het EEP-rapport van de APW van Hamstra en Everts (2012).

Vanuit de opslagbunkers worden de mineraal aggregaten per shovel naar de voordoseurs getransporteerd (1). Computermatig worden op voorhand de verhoudingen voor het te produceren type asfalt bepaald. De voordoseurs storten dan bij benadering deze verhoudingen op een transportband (2).

Via de transportband worden de mineralen naar de verwarmingstrommel, de te trommel, gebracht. In de verwarmingstrommel worden de mineralen verhit, zodat het inherente water verdampt (3). Daarna worden de mineralen via een verticale transportband met bakken, de zogenaamde warme ladder, naar het zeefhuis getransporteerd (4).

In het zeefhuis worden de verschillende fracties van elkaar gescheiden en opgeslagen in warme wachtsilo's (5). Vervolgens worden de mineraal aggregaten in nauwkeurige verhoudingen via de weegbak in de menginstallatie gedoseerd (6). Vulstof wordt toegevoegd vanuit aparte silo's (9) waar zowel zelfgeproduceerde (7) als aangeleverde vulstof (8) apart zijn opgeslagen. Verder wordt ook het PR-materiaal afkomstig uit de paralleltrommel in de weegbak gedoseerd (10).

Nadat de weegbak alle verhoudingen exact heeft afgewogen wordt het geheel in de mengbak gestort (11). Tegelijkertijd worden de bitumen vanuit separate tanks aan het mengsel toegevoegd (12). Na het mengproces wordt het mengsel opgeslagen in geïsoleerde tanks (13) waarvandaan het in vrachtwagens wordt gestort klaar voor transport.



Figuur 3-4. Overzicht bedrijfsactiviteiten. Bewerkt van “Methodologierapport CO₂-allocatie-aanvraag: o.b.v. standaard CO₂ methodologierapport voor asfaltmenginstallaties,” door S. Jorritsma en G. Wolters, 2011, p. 7

Hamstra en Everts (2012) stellen ook dat het asfaltmengsel in de mengbak een temperatuur tussen de 150 °C en 180 °C moeten hebben om een goede hechting van de bitumen en een goede verwerkbaarheid van het geproduceerde asfalt te realiseren.

3.4 CO₂-analyse

Het natuurlijke gas CO₂ is nauw verbonden met de opwarming van de aarde. Gassen die bijdragen aan dit verschijnsel, ook wel broeikasgassen genoemd, hebben de eigenschap om energie, voornamelijk warmte, voor lange tijd in de aardse atmosfeer vast te houden. CO₂ is van deze broeikasgassen het meest beïnvloedbaar door de mensheid, omdat het in grote hoeveelheden vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Om het klimaat stabiel te houden en de opwarming van de aarde tegen te gaan, zijn wereldwijd afspraken gemaakt om CO₂-uitstoot te reduceren.

In Nederland komt dit voornamelijk tot uiting door emissiehandel. Dit houdt in dat het geld kost om een bepaalde hoeveelheid CO₂ te mogen uit stoten. Wanneer het emissierecht wordt overschreden riskeert de vervuiler een boete (Milieuloket, [ca. 2014]). Door de CO₂-uitstoot te reduceren kan flink bespaard worden op de kosten van emissierechten. Tevens zijn er nieuwe marktinitiatieven, zoals de CO₂-prestatieladder, waarbij een fictieve korting bij een aanbesteding verleend kan worden op basis van de positie op de ladder. Al met al levert dit vanuit zowel milieuvriendelijk als financieel perspectief genoeg redenen op om de CO₂-uitstoot van de APW te kwantificeren en te reduceren.

De exacte kwantificatie van de uitgestoten CO₂-moleculen is echter lastig te bewerkstelligen, omdat CO₂-moleculen van nature al voorkomen in de atmosfeer. Echter is het, zoals aangegeven in de vorige alinea, wel van belang een goede inschatting te maken van de uitstoot. In de literatuur zijn verschillende meetmethodes beschreven om te achterhalen hoeveel CO₂ uitgestoten wordt gedurende het productieproces in asfaltcentrales. Deze methodes zijn te onderscheiden in directe en indirecte meetmethodes.

Bij een directe meetmethode worden de hoeveelheid uitgestoten CO₂-moleculen benaderd door het uit te stoten gas op te vangen en te analyseren. Een indirecte meetmethode bepaalt de CO₂-uitstoot aan de hand van een andere aan CO₂ te koppelen parameter. Bij een dergelijke meetmethode is theoretisch gezien de exacte hoeveelheid CO₂-uitstoot te bepalen, maar in de praktijk blijkt een dergelijke meting ook altijd een benadering.

Een voorbeeld van een directe meetmethode is het gebruik van een multi-parameter analysator. In onderzoek van Rubio et al. (2013) wordt gebruik gemaakt van de Horiba PG-250. Deze analysator vangt verbrandingsgassen op en leest vervolgens de CO₂-concentratie uit. Deze methode is erg exact, maar kent als nadeel dat alleen kleine monsters geanalyseerd kunnen worden. Hierdoor is de exacte uitstoot slechts te benaderen door er vanuit te gaan dat de hoeveelheid CO₂-moleculen in het totale uitgestoten gas evenredig is met de hoeveelheid in het monster.

Een indirecte methode die beschreven wordt door D'Angelo et al. (2008) stelt dat data van het 'Bitumen Forum' CO₂-uitstoot grofweg relateert aan temperatuur. In dit geval specifiek aan de temperatuurhoogtes noodzakelijk voor de hechting van de bitumen. Echter wordt er een grove schatting gehanteerd, waardoor temperatuur en uitstoot niet accuraat te koppelen zijn. Ander onderzoek stelt dat CO₂-uitstoot naast temperatuur ook te relateren is aan energieverbruik gedurende het productieproces of kortweg de hoeveelheid brandstof die verstoekt wordt (European Asphalt Pavement Association [EAPA], 2007; Wen, Lu & Van Reken, 2014). Voordelig aan deze methode is een relatief exacte meting en de toepasbaarheid op een continu proces waarbij veel CO₂ wordt uitgestoten. Om het brandstofverbruik om te zetten naar CO₂-uitstoot zijn conversiefactoren opgesteld. SKAO, Stimular, Connekt, Milieu Centraal en de Rijksoverheid hebben met diverse experts een uniforme lijst opgesteld waarin deze zogenaamde CO₂-emissiefactoren zijn opgesteld (CO₂ emissiefactoren, 2015). Desondanks is ook deze methode een indirecte manier van meten waardoor berekende waardes slechts een benadering van de werkelijkheid zijn.

Tabel 3-3 geeft de in dit hoofdstuk benoemde meetmethodes weer. Hierin wordt een kwalitatieve waardering gegeven aan toepasbaarheid en nauwkeurigheid.

Tabel 3-3. Kwalitatieve waardering van benoemde meetmethodes

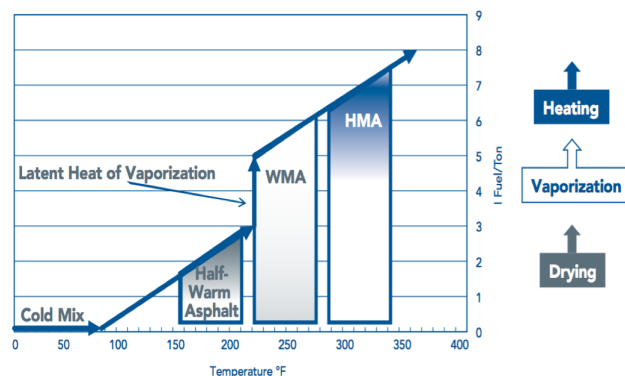
Meetmethode	Direct /indirect	Toepasbaarheid asfaltcentrale	Nauwkeurigheid
Multi-parameter analysator	Direct	Ongeschikt bij grote kwantiteiten	Zeer accuraat
Temperatuur	Indirect	Goed toepasbaar	Inaccurate schatting op basis van schaal
Brandstof	Indirect	Goed toepasbaar	Toename in nauwkeurigheid bij kwantitatief hogere uitstoot

3.5 CO₂-reductie

Er bestaan reeds onderzoeken die methodes beschrijven om CO₂-uitstoot binnen asfaltcentrales te reduceren. Er wordt met name onderzoek gedaan naar het gebruik van alternatieve asfaltmengsels waarbij lagere productietemperaturen haalbaar zijn. Onderzoek van Rubio et al. (2011) naar ‘warm mix asphalt’ (WMA) heeft uitgewezen dat dit type asfalt met lagere temperaturen verwarmd kan worden dan traditionele ‘hot mix asphalt’ (HMA). De WMA-technologie heeft volgens datzelfde onderzoek in de loop van de tijd verschillende typen asfaltmengsels opgeleverd. Hierin zijn drie typen technologieën ontstaan, die op verschillende wijze een verlaagde viscositeit van de bitumen bereiken. Te onderscheiden zijn onderstaande methodes:

- Toevoeging van water of zeoliet; schuimprocessen;
- Organische additieven;
- Chemische additieven.

Doordat de individuele mengsels op verschillende temperaturen vervaardigd dienen te worden, is er een scheiding ontstaan in de benaming van de mengsels. De verschillende typen mengsels zijn afgebeeld in Figuur 3-5, waarin de productiewarmte (Fahrenheit (°F; °C = (°F - 32) ÷ 1.8)) is uitgezet tegen de benodigde vervaardigingsenergie (brandstof/ton asfalt). Volgens Vaitkus et al. (2009) kan de CO₂-uitstoot tijdens het productieproces met 30 tot 40% worden verlaagd bij het gebruik van WMA.



Figuur 3-5. Verschillende typen asfaltmengsels (D'Angelo et al., 2008)

Naast onderzoek naar het gebruik van WMA is ook het hergebruiken van oud asfalt een methode om CO₂-uitstoot te reduceren. Een studie van Wen, Lu en Van Reken (2014) wijst uit dat het gebruik van gerecycled freesasfalt (PR-materiaal) in asfaltmengsels kan leiden tot een lagere uitstoot. De resultaten die zij presenteren tonen aan dat gedurende de productie van asfaltmengsels waarin een hoog percentage PR-materiaal is verwerkt minder CO₂ uitgestoten wordt. Anderzijds is uit hetzelfde onderzoek naar voren gekomen dat het tegenovergestelde resultaat wordt bereikt wanneer asfaltmengsels met een laag percentage PR-materiaal worden geproduceerd. De daadwerkelijke haalbaarheid van deze methode voor CO₂-reductie is discutabel aangezien onderzoek van Wei, Lin en Yu (2013) aantoont dat de CO₂-uitstoot binnen de asfaltcentrale bij alle asfaltmengsels waarin PR-materiaal zit verwerkt toeneemt. Met het oog op het productieproces beschreven in hoofdstuk 3.3 is deze conclusie aannemelijker aangezien er bij gebruik van PR-materiaal een extra droogtrommel in werking wordt gesteld. Ondanks dat de afname van CO₂-uitstoot in de asfaltcentrale met behulp van deze methode twijfelachtig is, komt wel in beide onderzoeken naar voren dat er alsnog een reële winst te behalen is. Wanneer de gehele asfaltketen wordt meegenomen in de uitstootberekeningen, dan levert het

gebruik van PR-materiaal in beide onderzoeken een significante winst op. Dit is met name door kortere vervoersafstanden en minder uitstoot bij het verwerven van PR-materiaal ten opzichte van vers gedolven mineralen.

Afzonderlijk van CO₂-reductie methodes waarbij gebruik wordt gemaakt van andere asfaltmengsels zijn er ook methodes onderzocht waarbij het productieproces in de centrale onder de loep wordt genomen. Het verdampen van water in het aggregaat vergt veel energie en veroorzaakt daarmee een aanzienlijk deel van de CO₂-uitstoot. Het drogen van de aggregaten kan op verschillende manieren. Ang, Fwa en Ng (1993) onderzochten de relatie tussen het vochtgehalte in de mineraalaggregaten en het brandstofverbruik in asfaltcentrales. Dit is relevant omdat CO₂ voornamelijk vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Het onderzoek concludeerde dat een daling in het vochtgehalte resulteert in een overeenkomstige daling van het brandstofverbruik. Als droogmethode wordt in het onderzoek voorgesteld de open grondstofbunkers te overkappen en goed te ventileren. Hier moeten de grondstoffen dan een paar maanden afgeschermd drogen alvorens zij in het productieproces terechtkomen.

Buiten het onderzoek van Ang, Fwa en Ng is er ook specifiek onderzoek gedaan naar het gevolg van vocht op het brandstofverbruik. Serra (2010) stelt dat een toename in het vochtgehalte van één procent zo'n 0,6 liter gas per ton asfalt extra benodigd is om het aggregaat droog te krijgen. Ander onderzoek stelt dat een middelgrote asfaltcentrale zo'n £100.000,- per jaar kan besparen wanneer het gemiddelde vochtgehalte van het aggregaat met twee procent daalt (Carbon Trust [CT], geciteerd in Gillespie, 2012). Om het vochtgehalte te minimaliseren geeft Carbon Trust (geciteerd in Gillespie, 2012) een aantal mogelijkheden. Ten eerste is het mogelijk om de aggregaten in hellende bunkers op te slaan. Vanaf de laadplaats zou deze helling met zes procent moeten aflopen, zodat het vocht uit het aggregaat kan lopen. Ten tweede kunnen voorraden worden gerouleerd, zodat ze de tijd krijgen om te drogen. Verder is het belangrijk om voornamelijk het bovenste materiaal van de voorraad te gebruiken voor de productie, omdat dit het droogste materiaal is doordat het vocht naar beneden zakt.

Om op efficiënte wijze vocht uit het aggregaat te krijgen is het ook mogelijk een alternatieve droogmethode toe te passen in de trommel. Onderzoek van Rubio et al. (2013) gaat in op zo'n methode waarbij minder brandstof wordt verbruikt gedurende het interne drogingsproces. Deze methode bestaat als eerste uit een frequentieregelaar voor de droogtrommel. Als tweede bestaat deze uit een brander die automatisch aangaat wanneer de temperatuur van de brandstof de 80 °C overschrijdt. Als laatste bestaat de methode uit een vermogensregelaar. Deze aanpassingen moeten ervoor zorgen dat de productietemperaturen worden bijgesteld aan de exacte vereiste voor het aggregaat. Momenteel wordt de branderstand direct bepaald door de menger via een besturingssysteem (Jullien et al., 2010). De automatisering hiervan kan leiden tot een lager brandstofverbruik gedurende de productie.

Een volgende belangrijke parameter die de CO₂-uitstoot beïnvloedt zijn het aantal starts en stops van de installatie. Wanneer de installatie wordt opgestart moet deze eerst op temperatuur komen alvorens er asfalt geproduceerd kan worden. Ang, Fwa en Ng (1993) schrijven dat de energie consumptie van de asfaltinstallatie gereduceerd kan worden doormiddel van een goede planning waardoor minder starts en stops worden uitgevoerd. Hierdoor koelt de installatie tussendoor niet af en dit resulteert in een lagere energie consumptie per ton asfalt. Kortom er hoeft dus minder brandstof verstoekt te worden wat, zoals eerder werd vermeld, onomstotelijk verbonden is met een lagere CO₂-uitstoot.

Tot slot gaat er veel exergie verloren tijdens het asfaltproductieproces. Exergie is in feite het arbeidsvermogen van energie of kortgezegd de kwaliteit van de energie. Op conventionele wijze wordt rendement bepaald aan de hand van het percentage energie dat bijdraagt aan het gewenste product. Wanneer naar exergierendement wordt gekeken bekijkt men hoeveel arbeidspotentieel overblijft na een energieomzetting (Cornelissen & Van Rens, z.j.). Onderzoek van Peinado et al. (2010) kijkt naar de efficiëntie van zowel energie als exergie. Als resultaat stelt het onderzoek vast dat het asfaltproductieproces relatief efficiënt omgaat met energie, maar niet met exergie. Hieruit valt nog veel winst te behalen. De lage exergie-efficiëntie ligt volgens het onderzoek enerzijds aan de onomkeerbaarheid van de verbranding van aardgas en anderzijds aan het hoge temperatuurverschil tussen de verbrandingsgassen en het product. Volgens Peinado et al. (2010) zijn er daarom andere manieren van drogen en verwarmen nodig om het HMA productieproces te verduurzamen. Om de hoge vernietiging van exergie te bevangen stelt het onderzoek voor om een warmtekrachtinstallatie in te zetten, zodat er voordeel gehaald kan worden uit de hoge hoeveelheid restwarmte. Het is aannemelijk dat een dergelijke installatie kostbaar is en gevolgen heeft voor het productieproces.

Tabel 3-4 toont een overzicht van de in de literatuur gevonden methodieken om CO₂-reductie te realiseren.

Tabel 3-4. Overzicht van in de literatuur beschreven CO₂-reductie methodieken

Titel	Parameter	Subcategorie	Beschrijving
Warm Mix Asphalt (WMA)	Type Mengsel/ bitumen	Grondstofsamenstelling	Gebruik van innovatieve asfaltmengsels welke op lagere temperatuur vervaardigd kunnen worden.
Hoger % PR-materiaal	PR-materiaal	Grondstofsamenstelling	Toevoegen van meer recyclebaar asfalt in het te vervaardigen mengsel
Overkappen grondstoffen	Vochtgehalte	Energiezorg en gedragsmaatregelen	<ul style="list-style-type: none"> • Open grondstofbunkers overkappen en ventileren voor lager vochtgehalte aggregaat • Hellende bunker, zodat het vocht uit het aggregaat loopt • Bovenste materiaal van voorraad gebruiken voor productie van asfalt
Droogproces in trommel	Branderstand	Procesmaatregelen	Automatiseren droogtrommel om excessieve productietemperaturen te voorkomen
Starts en stops minimaliseren	Starts en stops	Procesmaatregelen	Doormiddel van een goede planning kan het aantal starts en stops worden teruggedrongen, zodat de installatie niet tussentijds afkoelt
Exergievernietiging bevangen	Temperaturen	Procesmaatregelen	Exergie-efficiëntie verbeteren door beter om te gaan met restwarmte

4 Praktijkennis

Waar in het vorige hoofdstuk de benodigde literatuur aangaande dit onderzoek naar voren is gekomen, gaat dit hoofdstuk in op praktijkervaring. Door in gesprek te gaan met management en werknemers is de gang van zaken bij de APW op het gebied van asfaltproductie specifiek gemaakt. Ten behoeve van het onderzoek is ter voorbereiding op de observatiefase een enquête afgenomen om een beter beeld te krijgen van de rol van bepaalde factoren in het productieproces en wat hun invloed is op de CO₂-uitstoot. In dit hoofdstuk wordt eerste de werkmethode besproken. De verschillende functies en de hieraan verbonden werkzaamheden worden beschreven. Vervolgens wordt het productieproces toegelicht gevolgd door de invloed van bepaalde parameters op de CO₂-uitstoot. Aan de hand van een scorekaart wordt uiteindelijk een multicriteria-analyse (MCA) opgesteld. Als laatste hebben de medewerkers de kans gekregen om eventuele mogelijkheden voor CO₂-reductie te benoemen.

4.1 Werkmethodiek

Binnen de APW bestaan diverse functies welke variëren van menger tot administratief medewerker. Elk personeelslid heeft zijn eigen verantwoordelijkheden en kijkt op het asfaltproductieproces. Om een beeld te krijgen van de gang van zaken binnen de APW en daarnaast de belangrijke parameters binnen het asfaltproductieproces relevant voor CO₂-reductie te achterhalen, is gekozen om te enquêteren onder de mengers, laboranten en de chef van de asfaltinstallatie. De reden hierachter is dat voornamelijk deze functies direct te maken hebben met het productieproces en het te vervaardigen product. De manier waarop zij te maken krijgen met het productieproces en de hieraan verbonden taken staan in onderstaande paragrafen beschreven.

4.1.1 Operators

De taak van een operator is het aansturen en controleren van het productieproces. Er wordt gewerkt in duo's waarbij de hoofdtaak van de 'menger' het produceren van de bestelde asfaltrecepten betreft en van de 'weger' het afwegen en laden van vrachtwagens, die het gereed product komen afhalen. De menger beïnvloedt op directe wijze de meeste variabelen in het productieproces. Hieronder vallen het instellen van de receptuur, branderstand, eindtemperatuur van het asfalt en productiedebiet. Indirect is de menger echter wel afhankelijk van de laadschopmachinist wanneer het om productiedebiet gaat. Het aansturen van het proces gebeurt doormiddel van een specifiek computersysteem. De secundaire taken van de operator zijn het aansturen van de laadschopmachinist, overleg met werknemers over onderhoud en contact met uitvoerders. De operator werkt voornamelijk op basis van ervaring. Met name het gevoel voor de installatie is hierbij belangrijk. De operator moet de installatie goed aanvoelen, zodat mengselwisselingen soepel kunnen verlopen en het mengsel op de goede temperatuur wordt bereid. De volgorde van de te produceren mengsels wordt wel gebaseerd op protocol, maar de menger kan hiervan afwijken bij onvoorziene wijzigingen.

4.1.2 Laboranten

De laboranten hebben als voornaamste taak het controleren van de kwaliteit van het asfalt. Hieronder valt ook het controleren en beproeven van het binnengekomen materiaal. Door verschillende onderzoeken uit te voeren kunnen de laboranten in overleg met de menger de receptuur van de asfaltmengsels wijzigen om de kwaliteit van het product te optimaliseren. De resultaten van de onderzoeken worden allen gerapporteerd en digitaal verwerkt. Bij de APW werken de laboranten op basis van zowel ervaring als protocol. Met name het uitvoeren van onderzoeken verloopt volgens protocol.

4.1.3 Chef Asfaltinstallatie

De chef van de asfaltinstallatie zijn primaire taak is het leiden van de APW. Taken die hieronder vallen zijn het inkopen van grondstoffen, opstellen van de planning, personeelszaken, toezien op kwaliteit en het optimaliseren van de productietechniek. Naast zijn normale taken zit de chef van de asfaltinstallatie ook in het management van de APW. Hierdoor is hij het voornaamst betrokken bij externe partijen, zoals de aandeelhouders. Het leiden van de APW komt voornamelijk aan op ervaring. Bij het opstellen van de planning wordt echter protocolmatig te werk gegaan.

4.2 Operationele werkwijze

Gedurende gesprekken met werknemers en met behulp van de enquête is de operationele werkwijze binnen de APW in kaart gebracht. Dit houdt in dat geprobeerd is een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de gang van zaken binnen de APW. Met name factoren die het productieproces beïnvloeden en de hieraan verbonden menselijke handelingen komen naar voren. Tevens wordt in kaart gebracht welke externe factoren het reilen en zeilen binnen de organisatie beïnvloeden om in te kunnen schatten welke factoren moeilijk of niet intern te verbeteren zijn.

Ten eerste de productieplanning. Deze planning wordt opgesteld op basis van de weektermijnplanning waarin informatie omtrent de te produceren mengsels, de hoeveelheden en wanneer de mengsels klaar moeten zijn is weergegeven. De informatie wordt het liefst zo vroeg mogelijk ontvangen van de aannemers. Naar aanleiding van deze weektermijnplanning wordt dagelijks een productieplan opgesteld welke in overleg met de aannemers resulteert in een productieplanning. In dit stadium moeten de aannemers de definitieve te produceren hoeveelheden doorgeven evenals het tijdstip vanaf wanneer zij het komen afhalen en met hoeveel wagens dit zal gebeuren. Intern probeert men een zo goed mogelijk plan in elkaar te draaien, waardoor er zo min mogelijk hoeft te worden omgeschakeld en er zo min mogelijk starts en stops uitgevoerd hoeven worden.

Naast de externe invloeden op de productieplanning wordt intern geprobeerd eerst te kijken naar batchgroottes en grove of fijne mengsels. Normaliter worden eerst de kleine batches geproduceerd en daarna pas de grote batches. Ook wordt geprobeerd de fijne mengsels (kleine max. korreldiameter) eerst te produceren en daarna pas de grovere. Desondanks blijft de aannemer leidend, omdat het bestelde mengsel deels gereed moet zijn wanneer de aannemer start met het afhalen van het asfalt. Siloruimte is hierin ook belangrijk. Waar mogelijk wordt tevens geprobeerd opdrachten met elkaar te combineren en wordt er wanneer nodig alvast voor de volgende dag geproduceerd. In verband met afkoeling wordt in dit geval wel een hogere eindtemperatuur aangehouden.

Wanneer een mengselwisseling plaatsvindt heeft dit invloed op het proces. Tijdens het asfaltproductieproces wordt geprobeerd om zo constant mogelijk te produceren. Dit houdt in dat wordt geprobeerd de aanvoer van materiaal, branderstand en temperaturen zo constant mogelijk te houden. Wanneer een mengselwisseling plaatsvindt verandert het aan te voeren materiaal waardoor er opnieuw naar een perfecte instelling moet worden gezocht om de continuïteit te bewaren. Veranderlijkheden die van invloed zijn, zijn vochtgehalten, wel of geen PR-materiaal en de grofheid van een mengsel. De menger heeft bij een wisseling de taak om de branderstand her in te stellen en de productieaanvoer te reguleren om zodoende de benodigde eindtemperatuur te blijven halen. Bij vele wisselingen gaat de gemiddelde productiesnelheid omlaag aldus de medewerkers van de APW. Daarnaast stelt de menger in eerste instantie vaak een te hoge temperatuur in om te voorkomen dat de eindtemperatuur van het asfalt te laag uitpakt.

Hierdoor wordt er bij vele mengselwisselingen meer energie verbruikt en dus meer CO₂ uitgestoten.

Een andere besproken factor is het PR-materiaal. De hoeveelheid PR-materiaal hangt er vanaf of het een deklaag (30% – 40%) of een onderlaag (50% – 60%) betreft. Wanneer er mengsels met PR-materiaal geproduceerd moeten worden gaat er een paralleltrommel meedraaien in het proces. Hierdoor gaat het totale productiedebiet omhoog, maar gaat ook een tweede brander meedraaien waardoor het gasverbruik stijgt. Verder kan het PR-materiaal op minder hoge temperatuur meedraaien, omdat anders de aanwezige bitumen in de brand gaan. Daardoor moet het witte materiaal op een hogere temperatuur gebracht worden om de correcte eindtemperatuur te behalen. Voor de menger betekent dit dat hij twee branders in de gaten moet houden. Ook vinden de geïnterviewde mixers dat het opstarten van de paralleltrommel extra aandacht vereist. Dit is voornamelijk te wijten aan het brandgevaar dat ontstaat bij het te hoog verwarmen van het PR-materiaal.

Een laatste belangrijke interne factor die werd benoemd is de aanvoer van materiaal. Om de installatie optimaal te laten functioneren moet de laadschopmachinist zorgen dat er continu genoeg materiaal in de doseurs voorradig is. Ook heeft de laadschopmachinist invloed op het vochtgehalte van het materiaal. Door materiaal constant uit dezelfde bunker te halen en van boven naar beneden te werken zorgt hij voor een constanter en lager vochtgehalte. Dit komt omdat het vocht in de voorraad naar beneden zakt waardoor het bovenste materiaal droger is.

Overige externe invloeden zijn weersomstandigheden en nabestellingen vanuit een aannemer. Weersomstandigheden als regen beïnvloeden het vochtpercentage van de verscheidene materialen. Deze liggen buiten in open bunkers. Bij regen stijgt het vochtpercentage, maar met name bij het PR-materiaal verdampt dit vocht slecht wanneer de zon eenmaal schijnt. Hierdoor stijgt het vochtpercentage bij regen en duurt het erg lang voordat het materiaal droger wordt. Verder is ook de buitentemperatuur van belang. Wanneer het temperatuurverschil met de installatie hoger wordt, verliest deze meer warmte aan de buitenlucht. Deze warmteafdracht moet gecompenseerd worden met extra gasverbruik.

De belangrijkste externe factor is de vraag naar asfalt. Dit bepaald de planning en daarmee een hoop andere productietechnische factoren, zoals bijvoorbeeld het aantal mengselwisselingen en de continuïteit. Ook nabestellingen vallen hieronder. Dit heeft in principe weinig invloed op het gasverbruik, mits de asfaltinstallatie nog draait. Wanneer dit niet het geval is kost het veel energie om deze weer op te starten. De chef van de installatie geeft aan dat in zo'n geval de installatie alleen weer wordt opgestart wanneer een bestelling groter dan 100 ton wordt nabestelt. Wanneer een deklaag dezelfde dag nog dicht moet worden hierop een uitzondering gemaakt. Als de installatie nog wel draaiende is, dan wordt de nabestelling ingepast in de planning. In het geval dat het nabestelde type mengsel niet ook al voor een andere aannemer wordt gedraaid moet de nabesteller wachten tot het uitkomt om het mengsel te produceren.

4.3 CO₂-uitstoot reduceren

Naast het in kaart brengen van de operationele werkwijze is ook gevraagd een scorekaart in te vullen waarin de uit de literatuur en praktijk vernomen parameters gekoppeld werden aan CO₂-uitstoot. Om het voor de werknemers inzichtelijk te maken is gekozen om hier specifiek op gasverbruik in te gaan, omdat dit rechtstreeks te koppelen is naar CO₂-uitstoot. Voor iedere parameter kon een score tussen de 1 en 5 worden ingevuld op

basis van hun vermoedens over de invloed op het gasverbruik en de mate waarin de specifieke parameter kan worden geoptimaliseerd. Hierbij indiceert een 1 een kleine invloed of optimalisatie mogelijkheid en 5 een grote invloed of optimalisatie mogelijkheid. De parameters aanwezig in de scorekaart staan weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1. Parameters scorelijst enquête

Parameter	Eenheid	Parameter	Eenheid
Type mengsel	-	Wijzigingen in planning	#
Type bitumen	-	Mengselwisselingen	#
Branderstand	%	Starts en stops	#
Vochtgehalte	%	Totale productievolume	Ton
PR-materiaal	%	Batchgrootte	Ton
Asfalttemperatuur	°C	Productiedebiet	Ton/uur

* # staat voor het aantal. Bijv. het aantal mengselwisselingen.

Door een MCA uit te voeren met de verkregen scores konden in het kader van afbakening keuzes gemaakt worden welke parameters onderzocht gingen worden. In de MCA is gekozen om de mate van invloed licht zwaarder mee te laten wegen dan de optimalisatie mogelijkheid. De reden hiervoor is het prefereren van een dataset waarin duidelijke veranderlijkheden te zien zijn. De optimalisatie mogelijkheid is immers niet optisch terug te zien in de data. De MCA is afgebeeld in Tabel 4-2.

Naast het invullen van de scorekaart kregen werknemers ook de mogelijkheid om de scorelijst aan te vullen. Vijf van de zes geënquêteerde vonden de scorekaart volledig. Eén geënquêteerde noemde de parameter 'regen' als mogelijkheid. Beoordeeld werd deze parameter niet te integreren in de scorekaart omdat het vochtgehalte deels resultaat is van regenval. Het vochtgehalte is daarentegen vollediger, omdat het vocht in het aggregaat veranderlijk is door meer invloeden dan alleen regenval.

Tot slot konden werknemers ook ideeën aandragen omtrent de reductie van de CO₂-uitstoot. De meest genoemde verbetering is het overkappen van het PR-asfalt. Het overkappen van dit materiaal werd geprioriteerd boven het overkappen van het witte materiaal vanwege het vermoeden dat het PR-materiaal minder goed droogt over tijd. Andere verbeteringen die werden genoemd zijn het afwateren van de grondstofbunkers, het gebruik van lage temperatuur asfalt en terugwinnen van restwarmte. Eén medewerker stelt voor meer rendement te halen uit het aardgas doormiddel van een turbinemotor geschakeld aan een stoomgenerator. Dit moet zorgen voor warme lucht voor het droogproces en tegelijk voor elektrisch vermogen voor de rest van de installatie.

Tabel 4-2. Multicriteria analyse

Parameter	5.1						5.2						Totaal 5.1	Totaal 5.2	Totaal
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI			
Type mengsel	3	4	4	2	4	5	3	2	3	2	1	1	3,7	2,0	3,0
Type bitumen	2	4	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2,0	1,2	1,7
Branderstand	5	5	5	2	5	5	3	2	4	3	1	1	4,5	2,3	3,6
Vochtgehalte	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5,0	4,3	4,7
PR-materiaal	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4,7	4,7	4,7
Asfalttemperatuur	3	4	5	3	5	4	2	2	5	2	2	1	4,0	2,3	3,3
Wijzigingen in planning	3	3	3	5	4	3	2	3	3	5	5	5	3,5	3,8	3,6
Mengselwisselingen	3	3	3	5	5	3	2	3	3	3	5	1	3,7	2,8	3,3
Starts en stops	5	5	4	5	5	5	5	2	4	5	5	3	4,8	4,0	4,5
Totale productievolume	2	4	2	1	3	3	2	1	2	1	5	3	2,5	2,3	2,4
Batchgrootte	2	4	1	2	1	3	2	1	1	2	1	3	2,2	1,7	2,0
Productiedebiet	2	4	3	2	4	3	2	1	3	2	5	3	3,0	2,7	2,9
Weegfactor:												10	7		

5 Observaties

In dit hoofdstuk worden de gedane observaties besproken. Eerst komen de te behandelen parameters aan bod die zijn gekozen op basis van de in hoofdstuk 4.3 uitgevoerde MCA. Deze parameters worden vervolgens toegelicht. Nadien wordt de observatiemethodiek uiteengezet. Hierin wordt beschreven hoe de parameters zijn geregistreerd. Tenslotte worden de gedane observaties samengevat. De exacte uitwerking van de observaties zal terug te vinden zijn in bijlages C tot en met I.

5.1 Parameter selectie

Uit de in hoofdstuk 4.3 uitgevoerde MCA komen een aantal parameters naar voren die het invloedrijkst worden geacht omtrent CO₂-uitstoot. In het kader van afbakening focust het onderzoek zich uitsluitend op de parameters weergegeven in Tabel 5-1. Om in aanmerking te komen voor observatie moest de score hoger of gelijk staan aan een 3.0. Het productiedebiet, met een score van 2.9, is echter toegevoegd omdat branderstanden kunnen variëren op basis van deze parameter. Bij een laag debiet hoeven de branderstanden minder hoog, maar zal er ook minder snel geproduceerd worden.

Tabel 5-1. Parameter selectie op basis van MCA

Parameter	Eenheid	MCA-score
PR-materiaal	%	4.7
Vochtgehalte	%	4.7
Starts en stops	#	4.5
Branderstand paralleltrommel	%	3.6
Branderstand witte trommel	%	3.6
Wijzigingen in planning	#	3.6
Asfalttemperatuur	°C	3.3
Mengselwisselingen	#	3.3
Type mengsel	-	3.0
Productiedebiet	Ton/uur	2.9

* # staat voor het aantal. Bijv. het aantal mengselwisselingen.

5.1.1 Asfalttemperatuur

Elk type mengsel kent specificaties omtrent de temperatuur waarop deze moet worden afgeleverd. Deze eindtemperatuur, ook wel asfalttemperatuur genoemd in dit rapport, is afhankelijk van het type bitumen, dat in het mengsel verwerkt zit. Wanneer de bitumen verwerkbaar zijn, is de goede temperatuur bereikt. De benodigde eindtemperatuur staat genoteerd in de bewijzen van oorsprong. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de verwerkingstemperatuur op locatie. Deze ligt tussen de 120 – 160 °C (Huerne, Blom & Koelen, 2010). Tijdens het vervoer mag de temperatuur niet verder dalen dan 25 °C (NEN-EN 12697-13). Door de asfalttemperatuur vast te leggen, kan worden gekeken of de mengsels niet op een te hoge temperatuur worden geproduceerd.

5.1.2 Branderstanden

De stand van de brander is een belangrijke parameter, omdat het de directe toevoer van gas indiceert. Wanneer de branderstand toeneemt wordt de gastoevoer verhoogt. De branderstanden worden weergegeven in percentages. Dit is echter niet direct te koppelen aan de hoek waarop de gasklep zich bevindt. Het betreft dus geen lineair verloop. Hierdoor kan de stand van de brander niet direct in een gasdebiet (m^3/uur) worden vertaald. De importantie van deze parameter zit hem vooral in het feit dat het de enige parameter betreft waarop direct invloed kan worden uitgeoefend ten aanzien van de gastoevoer.

5.1.3 Mengselwisselingen

Een mengselwisseling is simpelweg de overgang in mengselproductie. Dit houdt in dat er een ander mengsel wordt geproduceerd waardoor ander materiaal of in een andere verhouding moet worden aangevoerd. Het uitvoeren van een mengselwisseling is gebaseerd op de planning en dus op basis van de vraag naar een bepaald type asfalt. Dagelijks is er vraag naar een bepaalde hoeveelheid typen asfalt. Hierdoor zijn mengselwisselingen onvermijdelijk. Soms is een extra mengselwisseling noodzakelijk om een bepaald type mengsel op de afgesproken tijd te kunnen leveren. Het aantal mengselwisselingen is dus niet rechtstreeks te koppelen aan het aantal te produceren mengsels op één dag. Voor de CO_2 -uitstoot is het belangrijk te weten hoeveel mengselwisselingen plaatsvinden, omdat vermoedt wordt dat de gastoevoer door de operator wordt opgeschroefd bij het starten van een nieuw mengsel om te voorkomen dat de temperatuur te laag uitvalt.

5.1.4 PR-materiaal

Bij de productie van veel mengsels wordt tegenwoordig gerecycled asfalt (PR-materiaal) gebruikt. Het bijmengen van dit materiaal heeft als invloed dat een tweede droogtrommel in het productieproces gaat meedraaien. Tevens moet het witte materiaal hoger worden opgestookt, omdat het PR-materiaal door de aanwezigheid van bitumen op minder hoge temperaturen gedroogd kan worden en de juiste eindtemperatuur toch behaald moet worden. Wel stijgt waarschijnlijk het productiedebiet, omdat er gebruik wordt gemaakt van twee droogtrommels.

5.1.5 Productiedebiet

Het productiedebiet is de hoeveelheid asfalt dat wordt geproduceerd per uur. Dit is afhankelijk van de aanvoer van materiaal. Wanneer het productiedebiet stijgt gaat het materiaal sneller door de droogtrommel. Hierdoor wordt vermoed dat het gasverbruik ook zal stijgen, omdat in kortere periode het materiaal op temperatuur moet worden gebracht. In hoeverre dit gevolgen heeft voor de hoeveelheid CO_2 -uitstoot per ton asfalt moet onderzocht worden.

5.1.6 Starts en stops

Als gevolg van technische problemen, een nabestelling of andere oorzaken kan het voorkomen dat de installatie wordt stilgezet. Wanneer vervolgens weer asfalt moet worden geproduceerd, moet de installatie opnieuw worden opgestart. In de tussentijd is de installatie afgekoeld en zal deze weer opnieuw op temperatuur gebracht moeten worden. Dit proces kost vermoedelijk veel energie.

5.1.7 Type mengsel

Ondanks dat de hoofdbestanddelen van asfalt alleen bitumen en aggregaten zijn, bestaan er veel verschillende typen mengsels. Deze variëren voornamelijk op basis van de bovenmaat van het te gebruiken aggregaat, verhoudingen en het type bitumen. Verder is ook het PR-percentages afhankelijk van het type asfalt. Alle typen asfalt bieden andere eigenschappen geschikt voor andere omstandigheden. Er wordt verondersteld dat elk type asfalt een andere impact heeft op het gasverbruik. Dit is gebaseerd op het feit dat een mengsel met een kleiner bovenmaat meer oppervlakte bevat. Hierdoor is het waarschijnlijk dat het meer energie kost om het materiaal van vocht te ontdoen.

5.1.8 Vochtgehalte

Het vochtgehalte in het materiaal wordt aangemerkt als één van de invloedrijkste parameters in het productieproces wanneer het gaat om CO₂-uitstoot. Dit komt voornamelijk naar voren in de soortelijke warmte (c) van water ten opzichte van de aggregaten. Water heeft een soortelijke warmte van 4200 J/kgK, terwijl de soortelijke warmte van de meeste steensoorten zo'n 840 J/kgK bedraagt (ArchitectenGilde, [ca. 2013]). Dit betekent dat er ruim vijfmaal zoveel energie benodigd is om een kilo water met één graad te verwarmen ten opzichte van steen. Bij een hoog vochtgehalte zal er een hoop water verdampt moeten worden, waardoor er veel energie gebruikt moet worden. Om dit te bereiken moeten branderstanden omhoog om zo de benodigde hoeveelheid energie te genereren.

5.1.9 Wijzigingen in planning

Tijdens het produceren bestaat de mogelijkheid dat een aannemer een wijziging in zijn bestelling of een nabestelling doorbelt. In dat geval verandert de planning waardoor deze mogelijk niet meer optimaal is. Vermoed wordt dat dit invloed heeft op het gasverbruik.

5.2 Observatiemethodiek

Tijdens het observeren is handmatig data verzameld. Het was wenselijk geweest om data via dataloggers te verkrijgen, zodat direct een dataset gegenereerd kon worden. Helaas was dit niet mogelijk doordat de benodigde gegevens niet werden geregistreerd of werden geregistreerd in een onhandig format welke niet of lastig te converteren waren naar Microsoft Excel. Het is ook een mogelijkheid dat data wel werd gelogd, maar dat het bij de operators onbekend was hoe deze data verkregen kon worden. Daardoor is gekozen om naast de menger plaats te nemen en om de vijf minuten aantekeningen te maken van de benodigde parameters. Doordat dit proces erg tijdrovend was, is maar een beperkt aantal dagen geobserveerd. De periode dat is geobserveerd heeft echter wel veel data opgeleverd over een klein tijdsinterval waardoor ook kleine variaties zichtbaar zijn. De parameters werden geregistreerd vanaf het besturingssysteem welke is aangesloten op sensoren in de installatie. De opzet voor het hieraan gerelateerde Microsoft Excel sheet is weergegeven in Tabel 5-2. In de derde kolom is een mogelijke invulling gegeven voor het mengsel AC 22 Base 40/60.

Tabel 5-2. Format Microsoft Excelsheet voor parameter registratie

Tijdstip	Type mengsel	Batch-grootte	Productie-status	PR-gebruik	Temperaturen			Branderstanden		Aanvoer	
hh:mm 5min. interval	codering	Ton	Geproduceerde hoeveelheid van batch op tijdstip	%	Asfalt	Witte trommel	Parallel-trommel	Witte brander	Zwarte brander	Wit materiaal	PR-materiaal
05:30	162165	100	20	60	160	260	110	40	55	100	150

Additionele registratie van parameters

Naast de parameters geregistreerd via het besturingssysteem zijn ook een aantal additionele parameters geregistreerd. De belangrijkste hiervan is het gasverbruik. Deze is net als de andere parameters over de tijd gemeten en toegevoegd aan de Microsoft Excelsheet. De wijze waarop geregistreerd is, is weergegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3. Format registratie gasverbruik in Microsoft Excel

Tijdstip (hh:mm)	Gasverbruik (m ³)	Gas op meter (m ³)	Gas per ton (m ³ /ton)
5 min interval	Verbruik per batch	Verbruikt gas volgens meter	Gasverbruik / productie-status (Tabel 5-2)
Totale gasverbruik			Gem. gas per ton

Tot slot zijn nog drie parameters geregistreerd. Hieronder vallen het vochtgehalte, wijzigingen in de planning en de temperatuur in de schoorsteen.

Het vochtgehalte is steekproefsgewijs geregistreerd aan de hand van monsterafnames. Deze zijn ter plaatse geanalyseerd in het laboratorium van de APW. De monsters zijn rechtstreeks van de witte en of zwarte aanvoerband genomen. Omdat het nemen van monsters en het analyseren hiervan veel tijd kost, is besloten om alleen monsters te nemen van drie typen mengsels. Wanneer een vermoeden ontstond dat het vochtgehalte significant verandert was, werd opnieuw het vochtgehalte gemeten.

De wijzigingen in planning zijn bepaald door de dagplanning te vergelijken met de uiteindelijke productie. Verschillen hiertussen zijn aangemerkt als wijziging. De temperatuur in de schoorsteen is geanalyseerd aan de hand van grafieken bijgehouden door het besturingssysteem. Hier is voor gekozen omdat alleen gemiddelde waarden van belang zijn voor het eventueel kunnen uitbuiten van restwarmte.

5.3 Observaties energietoevoer

In dit hoofdstuk worden de gedane observaties aangaande de energietoevoer weergegeven.

5.3.1 Observatie gasverbruik

Een separate computer in de operators ruimte geeft drie waarden weer. Het totale gasverbruik en het gasverbruik van zowel de witte als zwarte brander. Dit alles wordt weergegeven in de vorm van een grafiek. Onderin het scherm is real-time het totale gasverbruik af te lezen. Het gasverbruik per specifieke brander is niet kwantitatief af te lezen van het scherm. Om deze te achterhalen is het benodigd de grafiek af te lezen. Het is geprobeerd het afzonderlijke gasverbruik per brander te registreren, maar het aflezen van de grafiek bleek erg onnauwkeurig. Daardoor is uitsluitend het totale gasverbruik geregistreerd.

5.3.2 Observatie gastoevoer

De stand van zowel de witte als de zwarte brander wordt door de menger ingesteld. Hij baseert zijn initiële stand op basis van zijn verwachtingen over het materiaal. Hierbij spelen vochtigheid, mengseltype en het gebruik van PR-materiaal een grote rol. Vervolgens stelt de menger zijn branderstanden bij op basis van afleesbare temperaturen. Nader te bepalen gaat het dan om de uitlooptemperaturen in de trommels, de eindtemperatuur, de afgastemperatuur en de temperatuur van het doekfilter. Geprobeerd wordt om de brander gedurende lange tijd op dezelfde stand te houden. Soms krijgt de menger de benoemde temperaturen echter niet constant. In zo'n geval vinden er veel

schommelingen in branderstanden plaats. In Tabel 5-4 staan de gemiddelde branderstanden per mengselgroep gepresenteerd. De mengselgroepen zijn bepaald op basis van de bovenmaat van het te gebruiken aggregaat. Direct blijkt dat bij fijnere mengsels een hogere witte branderstand hebben, maar een lagere zwarte branderstand. Dit is voornamelijk te wijten aan een lager PR-percentages in de fijne mengsels. Wel opvallend is dat de som van de gemiddelde branderstanden afneemt bij fijnere mengsels. Dit impliceert dat er minder gas benodigd is voor de fijnere mengsels.

Tabel 5-4. Gemiddelde branderstanden per mengselgroep

Mengselgroep	Gem. Witte branderstand (%)	Gem. Zwarte branderstand (%)	Som branderstanden (%)
SMA-NL 11	52	n.v.t.	51
AC 8	52	n.v.t.	52
AC 11	51	30	81
AC 16	47	41	88
AC 22	39	52	91

5.4 Observaties gekozen parameters

De andere parameters hebben geen directe link met de gastoevoer. Wel kunnen zij gevolgen hebben voor de benodigde hoeveelheid gas en daarmee de CO₂-uitstoot.

5.4.1 Asfalttemperatuur

De asfalttemperatuur is gedurende de observatieperiode nauwlettend in de gaten gehouden. Afhankelijk van het type bitumen dat wordt gebruikt, moet een eindtemperatuur bereikt worden. Uit de BS EN 12591:2000 blijken de minimum en maximum temperaturen voor het toepassen van de bitumen in asfalt. Deze temperaturen staan weergegeven in Tabel 5-5.

Tabel 5-5. Minimum en maximum temperaturen voor toepassen bitumen

Bitumengrade	Mengtemperatuur EVT 170 (°C)	Bron:
70/100	150	Productinformatie: Shell Penetratiebitumen (NL) Bindmiddel voor asfalttoepassingen (2013)
50/70	155	
40/60	155	
35/50	160	

Het asfalt zou op basis van duurzaamheid in principe op de minimum temperaturen vervaardigd moeten worden. Echter is het ook van belang dat het product verwerkbaar blijft wanneer het op locatie arriveert. De gemiddelde gemeten temperaturen over de observatieperiode zijn weergegeven in Tabel 5-6.

Tabel 5-6. Gemeten temperaturen gedurende observatieperiode

Datum	Asfalttemperatuur (°C)	Uitlooptemperatuur witte trommel (°C)	Uitlooptemperatuur paralleltrommel (°C)
7 juli '15	163	200	123
8 juli '15	172	235	118
9 juli '15	168	241	123
10 juli '15	163	194	108
14 juli '15	172	236	98
16 juli '15	172	269	121
Gemiddelde	168	229	114

Uit de gemeten temperaturen blijkt dat het product boven de minimum temperatuur vervaardigd wordt. Bij de APW wordt voornamelijk geproduceerd met de 70/100 en 40/60 varianten bitumengrade. Door het toevoegen van PR-materiaal, waar ook al bitumen inzitten, worden vervolgens de andere bitumengraden geproduceerd.

5.4.2 Mengselwisselingen

Tijdens de observatieperiode is vele malen van mengsel gewisseld. Soms werden te produceren batches in meerdere stukken geknipt, waardoor meer wisselingen dan noodzakelijk ontstonden. Dit was echter planningsmatig wel belangrijk om er voor te zorgen dat er genoeg siloruimte overbleef en de bestelde mengsels op tijd geleverd konden worden. Wanneer er weer voldoende ruimte beschikbaar was werd de grote batch weer opnieuw opgestart. Een dergelijke batch werd vaak gedurende de hele dag afgehaald waardoor er niet per definitie voor gekozen kon worden hiermee op te starten of af te sluiten. Tijdens het proces leken mengselwisselingen weinig invloed te hebben op de continuïteit van het proces. Dit komt omdat de operator het materiaal voor het opvolgende mengsel al kan aanvoeren, terwijl het materiaal van het draaiende mengsel nog in de menger zit. Dat is mogelijk doordat in het zeefhuis kleppen omgezet kunnen worden, waardoor het nieuwe materiaal in een andere silo terecht komt. Hierdoor kan verder geproduceerd worden met het nieuwe materiaal, zodra het andere mengsel is voltooid. Hierdoor blijft de aanvoerband continu gevuld. Wanneer het gasverbruik per ton bekeken wordt, dan wordt echter wel zichtbaar dat deze een piek vertoont op het moment van een mengselwisseling. Dit is mogelijk gedeeltelijk te wijten aan de toedeling van het gasverbruik aan de goede batch doordat in intervallen van vijf minuten wordt geregistreerd. Verder kan dit ook komen doordat het een continu en dynamisch proces betreft. Op een tijdstip kan bijvoorbeeld mengsel één nog in de menger zitten, terwijl materiaal voor mengsel twee zich al in de droogtrommel bevindt. Tenslotte is het zichtbaar dat het gasverbruik per ton naar een constant niveau loopt, zodra een mengsel langere tijd wordt geproduceerd. Meestal zijn in dit geval de branderstandten constant geworden en is er een soort evenwicht bereikt tussen de relevante parameters.

5.4.3 PR-materiaal

Het asfaltgranulaat wordt in verschillende percentages toegepast. Meestal wordt het toegepast in asfaltbeton. In deklagen komt meestal 30-40% PR, terwijl in de onderlagen 50-60% PR wordt bijgemengd. Daarnaast zit er ook verschil in soorten PR-materiaal. Dit verschil wordt bij binnenkomst door de operators bepaald. Grof PR-materiaal wordt als rond materiaal gekwalificeerd en fijner PR-materiaal als scherp. Voor de onderlagen wordt rond materiaal gebruikt en in de deklagen scherp materiaal. Naast asfaltbeton wordt er ook 44% rond PR-materiaal bijgemengd in waterbouwasfalt. Dat is wel het absolute maximum, omdat waterbouwasfalt een zeer lage viscositeit benodigd. Wanneer gedraaid wordt met PR wordt geprobeerd de mengsels met PR achterelkaar door te draaien, zodat er geen starts en stops ingebouwd hoeven te worden voor de paralleltrommel.

5.4.4 Productiedebiet

Het productiedebiet wordt bepaald door de aanvoer van materiaal. Ondanks dat deze gegevens zijn gemonitord, is het lastig een goed beeld te krijgen van het exacte debiet over de tijd wanneer uitgegaan wordt van deze gegevens. Lastig is ook om te zien welk materiaal bij welk mengsel hoort. Hierdoor kan het debiet van een specifieke batch niet op deze manier bepaald worden. Nauwkeuriger is het bepalen van het debiet per batch op basis van tijd en volume. De begin en eindtijden van de batch zijn bekend en tevens de hoeveelheid. Daaruit kan met een simpele berekening het debiet per batch bepaald

worden. De gemeten debieten over de observatieperiode staan per dag weergegeven in Tabel 5-7.

Tabel 5-7. Debiet over gehele gemeten dag

Datum	Geproduceerd (ton)	Tijd (uur)	Debiet (ton/uur)
7 juli '15	2611	10:40:00	244,7
8 juli '15	2013	09:10:00	219,6
9 juli '15	2515	10:05:00	249,4
10 juli '15	1628	7:40:00	212,3
Totaal:	8767	37:35:00	233,3

5.4.5 Starts en stops

De observatieperiode heeft één onverwachte stop meegemaakt op 10 juli 2015. Dit had te maken met het plotseling uitvallen van de PR-trommel door toedoen van een doorgebrande kabel. Er kan niet gesproken worden van een optimalisatiemogelijkheid in dit specifieke geval, maar het opnieuw opstarten van de installatie kostte 193 m³ gas. De opstartkosten zijn afhankelijk van het mengsel waarmee gestart moet worden. Wanneer hier veel PR-materiaal in voorkomt zijn de opstartkosten gemiddeld hoger, omdat het witte materiaal hoger opgestookt moet worden.

5.4.6 Type mengsel

Gedurende de observatieperiode zijn drie typen asfaltbeton (AC) mengsels gedraaid. Dit zijn deklagen (Surf), tussenlagen (Bind) en onderlagen (Base). Deze typen kunnen nog verder uiteengerafeld worden op basis van verschillende PR-percentages, bitumen en bovenmaat. Verder zijn enkele SMA en Waterbouwasfalt mengsels geproduceerd. Productietechnisch gezien maakt het te maken asfalt geen verschil. Alleen de dosering wordt anders ingesteld. Bij rood asfalt wordt echter wel handmatig kleurstof in de installatie bijgevoegd.

5.4.7 Vochtgehalte

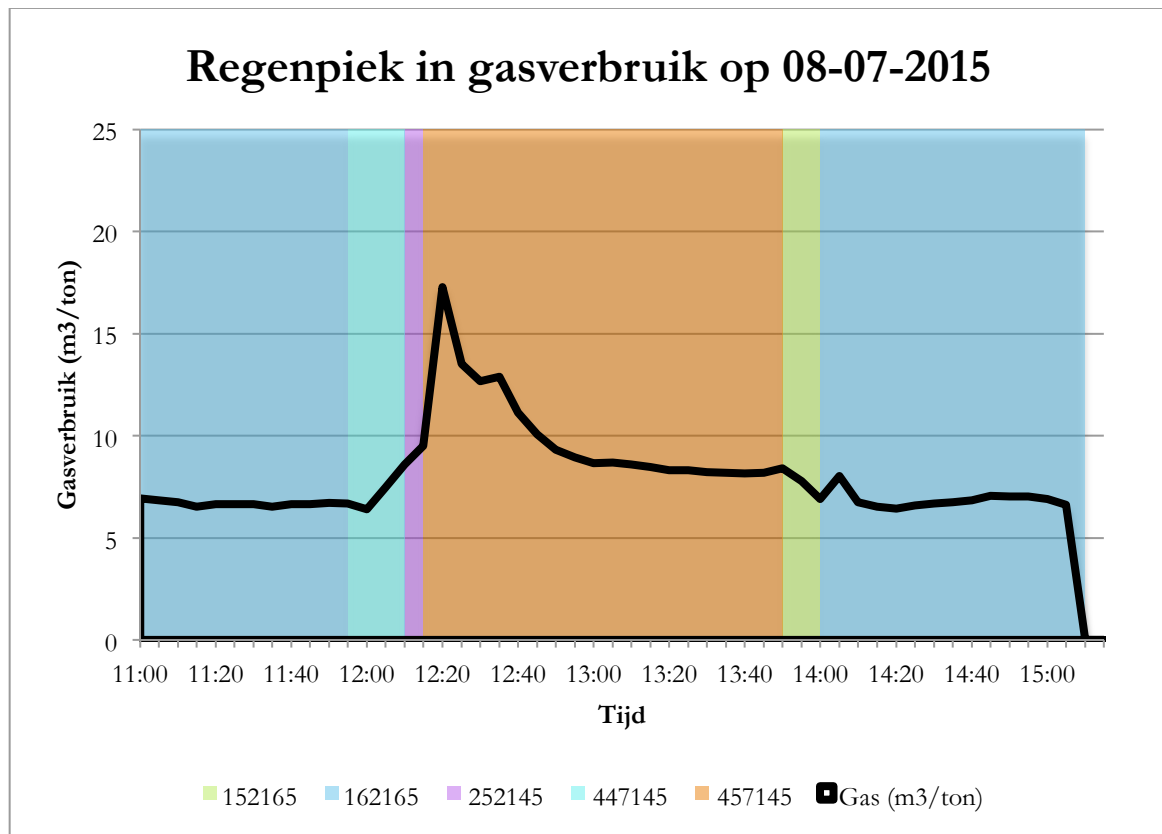
Het vochtgehalte is voor drie verschillende typen mengsels bijgehouden. Er is gekozen voor twee typen deklagen. Deze lagen maken gebruik van scherp PR-materiaal. Dit materiaal is echter afkomstig van verschillende bunkers. Tevens verschilt de bovenmaat van het witte materiaal. Naast de twee deklagen is ook het vochtgehalte voor een onderlaag bijgehouden. Deze onderlaag wordt aangevuld met rond PR-materiaal.

Zoals vermeld in hoofdstuk 5.2 kost het veel tijd om het vochtgehalte in het materiaal te bepalen. Daarnaast is het meten van het PR-materiaal geprioriteerd, omdat het personeel aangaf dat dit materiaal belangrijker te vinden. Hiermee wordt geprobeerd om toch door middel van analyse een goede relatie aan te tonen. Belangrijk om te vermelden is dat een daling of stijging in het vochtgehalte niet door toedoen van natuurlijke processen hoeft te komen. Gedurende het productieproces wordt geregeld gewisseld van bunker waar het materiaal uit afkomstig is. Deze materialen hebben allen een ander vochtgehalte. De gemeten vochtpercentages staan weergegeven in Tabel 5-8.

Tabel 5-8. Gemeten vochtpercentages over observatieperiode

Datum	AC 11 Surf 50/70		AC 16 Surf 50/70		AC 22 Base 40/60	
	Vocht wit (%)	Vocht zwart (%)	Vocht wit (%)	Vocht zwart (%)	Vocht wit (%)	Vocht zwart (%)
7 juli '15	3,2	2,1	2,7	2,3	3,4	3,1
8 juli '15	-	-	-	5,6	-	-
9 juli '15	-	-	-	5,9	2,9	3,4
10 juli '15	-	-	2,8	4,2	-	-
14 juli '15	-	-	-	-	3,1	3,2

Een ander geobserveerd fenomeen is het effect van een regenbui op de installatie. In Figuur 5-1 is het gasverbruik per ton asfalt uitgezet tegen de tijd. Op de achtergrond zijn de te produceren mengsels in kleuren afgebeeld. De codering is terug te vinden in bijlage C. In onderstaand figuur is ingezoomd op een piek die op 8 juli 2015 is geregistreerd. Opvallend is dat om 12 uur een stortbui plaatsvond. Af te lezen valt dat de installatie direct reageert. De temperatuur in met name de paralleltrommel daalde drastisch waardoor de menger moest reageren met een hogere branderstand. Direct is te zien dat het gasverbruik stijgt. Het directe effect van de regen is niet meteen aan deze grafiek af te lezen, omdat het rond een mengselwisseling plaatsvond. Een piek is hierbij gebruikelijk, maar van dit formaat is niet.



Figuur 5-1. Visualisatie van het effect van een regenbui op de asfaltproductie-installatie

6 Analyse CO₂-uitstoot

In dit hoofdstuk worden de geobserveerde parameters geanalyseerd. De analyse heeft als doel om te achterhalen wat het effect van een variatie in een parameter is op de CO₂-uitstoot. De CO₂-uitstoot wordt in dit onderzoek rechtstreeks gerelateerd aan het gasverbruik. In hoofdstuk 6.1 komt de wijze waarop beide gekoppeld worden naar voren. Vervolgens wordt gekeken naar de kosten van de CO₂-uitstoot. Dit is vastgelegd in Europese normen en komt tot uiting in emissiehandel. Aan de inkoop van emissierechten is een prijs verbonden. Vervolgens wordt ingegaan op de analyse van de parameters. In hoofdstuk **Error! Reference source not found.** worden de geobserveerde parameters geanalyseerd. Als aanvulling werd op verzoek van de chef van de APW een theoretische analyse gevraagd op het effect van leklucht. Op dit verzoek is echter door gebrek aan tijd geen gehoor gegeven. Dit gegeven zal terugkomen in de aanbevelingen.

6.1 Relatie CO₂-uitstoot met gasverbruik

Voor de omzetting van gasverbruik naar CO₂-uitstoot zijn conversiefactoren opgesteld. Zoals in de literatuurstudie paragraaf 3.4 vermeldt staat hebben een aantal organisaties tezamen een lijst opgesteld waarin gestandaardiseerde conversiefactoren in voor komen. Deze CO₂-emissiefactoren kijken hierbij zowel naar de 'Tank to Wheel' (TTW) uitstoot als de 'Well to Tank' (WTT) uitstoot. De TTW is de rechtstreekse uitstoot die vrijkomt bij het verbrandingsproces. De WTT is de CO₂-uitstoot gerelateerd aan de winning, raffinage, transport en verdeling van de brandstof. Bij elkaar opgeteld vormt dit een gecombineerde conversiefactor ('Well to Wheel'). In dit onderzoek wordt uitsluitend gekeken naar de TTW, omdat wordt gekeken naar de uitstoot waar de centrale voor verantwoordelijk is. De WTT uitstoot gebeurt buiten de kaders van het onderzoek. In Tabel 6-1 worden de conversiefactoren van het aardgas weergegeven.

Tabel 6-1. Conversiefactoren CO₂

Brandstof	WTW (kgCO ₂ /m ³)	TTW (kgCO ₂ /m ³)	WTT (kgCO ₂ /m ³)
Aardgas	1,884	1,785	0,099

6.2 Europese emissiehandel

Emissiehandel is een door Europa ontwikkeld instrument om de CO₂-uitstoot van de industriële bedrijven aan banden te leggen. Dit houdt in dat bedrijven moeten betalen om te mogen uitstoten. Jaarlijks wordt een inschatting gemaakt van de hoeveelheid CO₂ die een bedrijf gaat uitstoten. Aan de hand van deze schatting worden emissierechten ingekocht. Daarnaast is het mogelijk voor vervuilers om onderling emissierechten te verhandelen. Wanneer een bedrijf een overschot of tekort heeft kan het zijn rechten respectievelijk doorverkopen of overkopen. Bij overschrijding van de emissierechten wordt een boete opgelegd. Sinds het begin van de recessie in 2011 is de vraag naar emissierechten echter drastisch afgenomen. Hierdoor is ook de prijs voor deze rechten sterk afgenomen. Waar de kosten voor de uitstoot van één ton CO₂ in 2008 nog zo'n €20,- bedroeg, was dit in 2014 nog maar €4,80 per ton CO₂ (Duurzaambedrijfsleven.nl, 2014). De voornaamste reden hierachter is dat de productie van bedrijven sterk is gedaald door de recessie. Door de lage CO₂-prijs worden bedrijven minder getriggerd om hun emissie terug te dringen. In juli 2015 bereikte de Raad echter een akkoord met het Europese Parlement over de markt-stabiliteitsreserve. Dit houdt in dat er emissierechten uit de markt gehaald kunnen worden en in reserve gehouden om zo het overschot te verlagen. Hierdoor moet de prijs voor CO₂-uitstoot weer stijgen. Naar verwachting gaat

dit systeem in 2019 in. Dit alles maakt de prijs van emissierechten in de toekomst uiterst onzeker en niet vast te stellen voor dit onderzoek (Bron: Milieuloket, [ca. 2014]).

6.3 Gevolgen productieproces voor CO₂-uitstoot

Deze paragraaf beschrijft de gevolgen van een variatie in de geobserveerde parameters voor de CO₂-uitstoot. In eerste instantie zullen zij gelinkt worden aan het gasverbruik, waarna de vertalingsslag naar CO₂-uitstoot wordt gemaakt zoals deze in paragraaf 6.1 is beschreven.

6.3.1 Branderstanden

De branderstand is de parameter die direct verantwoordelijk is voor de toevoer van gas in het productieproces. Bij veel mengsels zijn er echter twee branders actief. De zwarte brander verwarmd het PR-materiaal in de paralleltrommel en de witte brander verwarmd het witte materiaal in de witte trommel. Gedurende de observaties zijn grotendeels alleen mengsels geproduceerd waarbij beide branders actief waren. Om de relatie van de branders met het gasverbruik te analyseren is het daarom noodzakelijk om deze om te zetten tot een gecombineerde branderstand. Door het vermogen van een individuele brander te delen door het gezamenlijke vermogen ontstaat een fractie. Dit is afgebeeld in Tabel 6-2.

Tabel 6-2. Vermogen witte en zwarte brander.

Brander	Vermogen (kW)	Fractie gecombineerd vermogen (%)
Witte brander	23.720	69
Zwarte brander	10.595	31
Totaal vermogen	34.315	100

De gecombineerde branderstand ontstaat vervolgens door de stand van beide branders te vermenigvuldigen met de bijbehorende fractie en deze bij elkaar op te tellen.

$$\begin{aligned}
 \text{Gecombineerde branderstand} \\
 &= \text{zwarte branderstand} \times \text{vermogensfractie zwarte brander} \\
 &+ \text{witte branderstand} \times \text{vermogensfractie witte brander}
 \end{aligned}$$

Naast het bepalen van de gecombineerde branderstand is het belangrijk om ter controle het maximale gasdebiet te bepalen. Als de geobserveerde waardes kloppen, dan wordt dit debiet niet overschreden. Het maximale debiet wordt met onderstaande formule bepaald:

$$Q_{max} = \frac{P}{H_B} \times 3600 = \frac{34.315}{31,65} \times 3600 = 3897 \text{ m}^3/\text{uur}$$

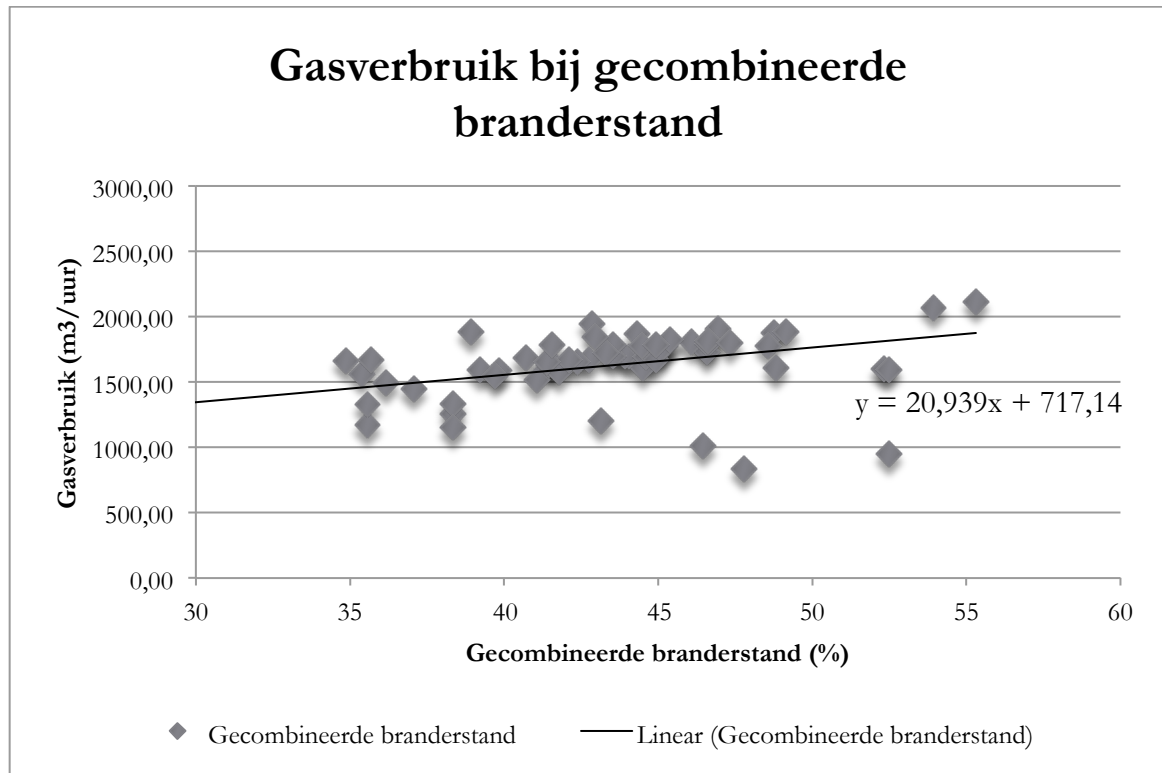
Hierin is Q_{max} het maximale gasdebiet (m³/uur), P het gecombineerde vermogen (MJ/s) en H_B de calorische waarde van het aardgas (MJ/m³). De calorische waarde bedraagt 31,65 MJ/m³ (Energieleveranciers.nl, [ca. 2015]). Het maximale gasdebiet per brander is weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-3. Maximale gasdebiet van branders

Brander	Maximale gasdebiet (m ³ /uur)
Witte brander	2694
Zwarte brander	1203
Totaal	3897



Per geproduceerde batch tijdens de observatieperiode zijn de gemiddelde branderstanden berekend. Vervolgens is een gecombineerde branderstand berekend en is deze uitgezet tegen het gasverbruik per uur. De bijbehorende grafiek is afgebeeld in Figuur 6-1.



Figuur 6-1. Gasverbruik per uur uitgezet tegen de geobserveerde gecombineerde branderstanden

Op basis van een lineaire trendlijn kan vanuit de data gesteld worden dat het gasverbruik met ongeveer $21 \text{ m}^3/\text{uur}$ toeneemt wanneer de gecombineerde branderstand met één procent stijgt. Uitschieters ontstaan door onregelmatigheden in de data of variaties in andere parameters. Hierdoor liggen de geplote coördinaten niet exact op één lijn. Daarom is afgerond op hele getallen. Verder is te zien dat het gemeten gasverbruik niet het theoretisch bepaalde maximale gasdebiet overschrijdt.

Wanneer met behulp van de formule om de gecombineerde branderstand te bepalen wordt teruggerekend, dan kan een toename in gasverbruik worden voorspeld op basis van een individuele branderstand. Daarnaast kan de toename in CO_2 -uitstoot per uur bepaald worden door gebruik te maken van de conversiefactor beschreven in paragraaf 6.1. De gegevens betreffende een toename in gasverbruik en CO_2 -uitstoot staan weergegeven in Tabel 6-4.

Tabel 6-4. Toename in gasverbruik en CO_2 -uitstoot bij stijging van 1% van branderstand

Brander	Toename gasverbruik ($\text{m}^3 \text{ %/uur}$)	Toename CO_2 - uitstoot (kg %/uur)
Witte brander	14	26
Zwarte brander	6	12
Gecombineerde branderstand	21	37

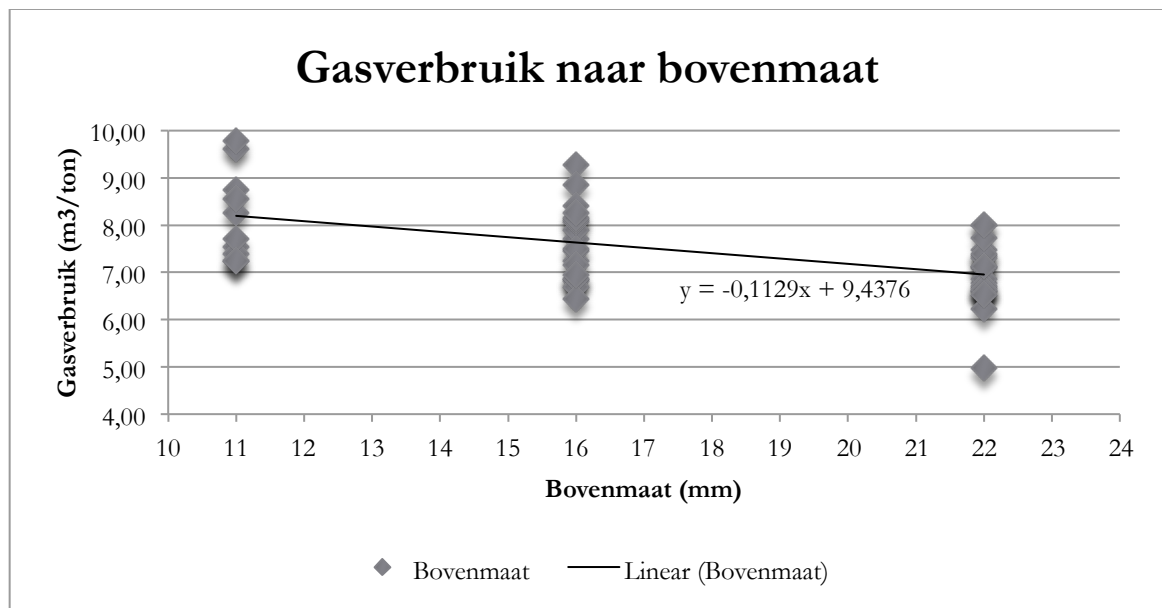
6.3.2 Mengselsamenstelling

De geobserveerde variaties in mengselsamenstelling zijn voornamelijk het type mengsel, dan gaat het om deklaag, tussenlaag en onderlaag, de bovenmaat van het mengsel en het PR-materiaal. De parameters 'type mengsel' en 'PR-materiaal' zijn afzonderlijk geobserveerd, maar zijn voor de analyse onlosmakelijk verbonden. Wanneer een mengsel met een hogere bovenmaat minder gas per ton verbruikt, is dit verschil terug te vinden in de analyse van het PR-materiaal. Daarom wordt in dit hoofdstuk eerst de invloed van het type mengsel geanalyseerd waarna op basis van deze bevindingen de invloed van het PR-materiaal kan worden bepaald.

6.3.2.1 Type Mengsel

Zoals vermeld worden mengsels ingedeeld op basis van de te vervullen functie. Hierin zijn deklagen (Surf), tussenlagen (Bind) en onderlagen (Base) te onderscheiden. Voor het gasverbruik is echter de bovenmaat van het mengsel belangrijker. Dit bepaald namelijk de grofheid van het te gebruiken materiaal en daardoor verandert de verhouding tussen oppervlakte en volume. Aan de hand van deze kennis is geanalyseerd wat de bovenmaat voor een relatie vertoont met het gasverbruik.

In Figuur 6-2 is het gasverbruik uitgezet tegen de bovenmaat van de geobserveerde mengsels. Om onverklaarbare uitschieters te voorkomen zijn batches kleiner dan 50 ton buiten beschouwing gelaten.



Figuur 6-2. Het gasverbruik per ton asfalt uitgezet tegen de bovenmaat van de betreffende mengsels

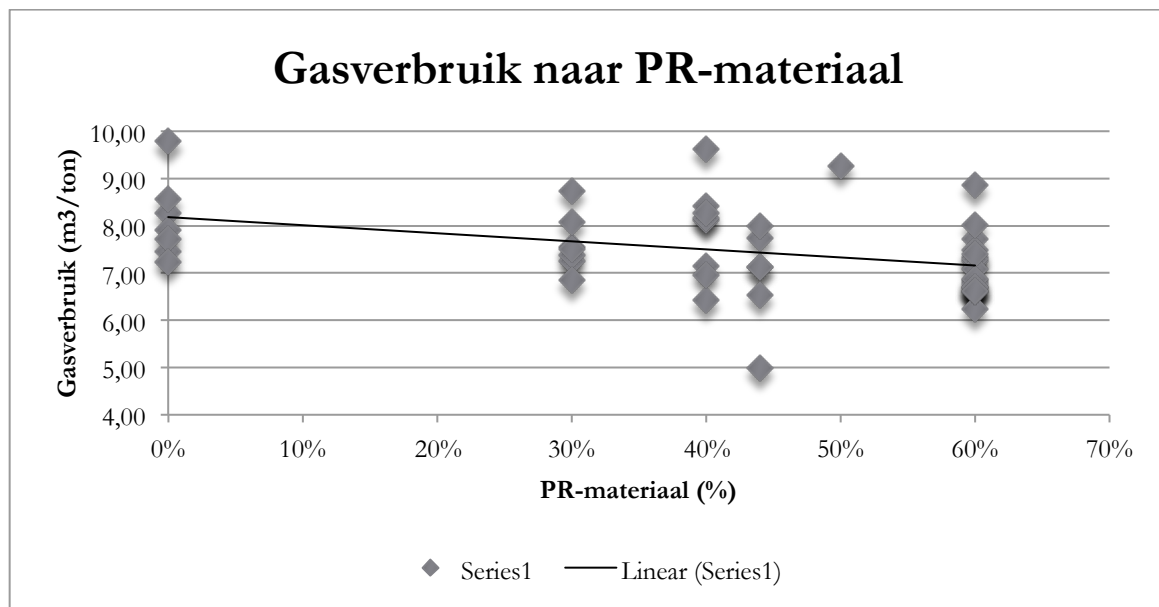
Uit deze analyse is goed af te lezen dat het gasverbruik niet uitsluitend afhankelijk is van de bovenmaat. Binnen een groep mengsels met een gelijke bovenmaat is duidelijk te zien dat er nog een behoorlijke bandbreedte bestaat. Vermoedelijk ontstaat dit door toedoen van andere parameters als vochtgehalte en productiedebiet. Wel is te zien dat de bandbreedte lineair naar beneden verschuift. Hieruit valt af te leiden dat de bovenmaat wel degelijk het uiteindelijke gasverbruik per ton asfalt beïnvloed. Om een idee te krijgen van de verschillen in gasverbruik tussen de diverse bovenmaten is het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt bepaald en afgebeeld in Tabel 6-5. De consequenties voor de CO₂-uitstoot zijn ook in deze tabel opgenomen.

Tabel 6-5. Verschil in gemiddeld gasverbruik per ton asfalt per bovenmaat

Bovenmaat (mm)	Totaal gasverbruik (m ³)	Totaal productievolume (ton)	Gemiddeld gasverbruik (m ³ /ton)	Gemiddelde CO ₂ -uitstoot (kgCO ₂ /ton)
11	14042	1812	7,75	13,8
16	30461	4028	7,56	13,5
22	35632	5151	6,92	12,3

6.3.2.2 PR-materiaal

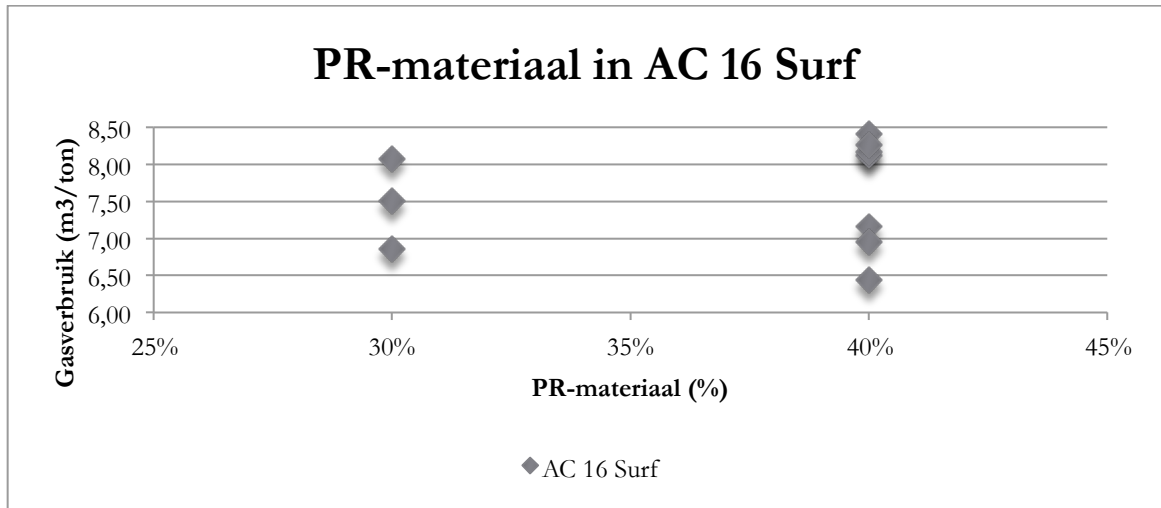
Het gebruik van PR-materiaal is een afweging gebaseerd op duurzaamheid. Door asfalt te recycleren wordt er onder andere op CO₂-uitstoot bespaard in de grondstof- en transportfase van de asfaltketen. Doordat PR-materiaal rechtstreeks wordt opgenomen in de mengselsamenstelling, ondanks dat de eigenschappen van het materiaal verschillen met wit materiaal, is het interessant om te bepalen welke invloed het PR-materiaal op de CO₂-uitstoot heeft in het productieproces. Door het gasverbruik per ton asfalt uit te zetten tegen het percentage PR-materiaal aanwezig in een batch is geprobeerd een trend te onderscheiden. In Figuur 6-3 is het resultaat van deze plot zichtbaar.



Figuur 6-3. Het gasverbruik uitgezet tegen het percentage PR-materiaal

Wat direct opvalt zijn de bandbreedtes die net als in paragraaf 6.3.2.1 zichtbaar worden. Ook in dit geval is een dalende trend te zien. Echter kunnen hieruit geen conclusies worden getrokken. Dit heeft te maken met het feit dat mengsels over het algemeen met een standaard hoeveelheid PR-materiaal worden geproduceerd. Er zijn maar weinig afwijkingen hierin geobserveerd. Daardoor is het geschetste beeld in Figuur 6-3 grotendeels bepaald door het type mengsel in plaats van het PR-materiaal.

Om een goed beeld te krijgen van het effect van PR-materiaal op het gasverbruik is het nodig om binnen een type mengsel te variëren van hoeveelheid PR-materiaal. In de geobserveerde data is dit gebeurd bij het mengsel AC 16 Surf. Dit mengsel wordt zowel met 30 als 40% PR-materiaal geproduceerd. In Figuur 6-4 zijn de resultaten van een plot weergegeven waarin het gasverbruik is uitgezet tegen het PR-percentage binnen het mengsel.

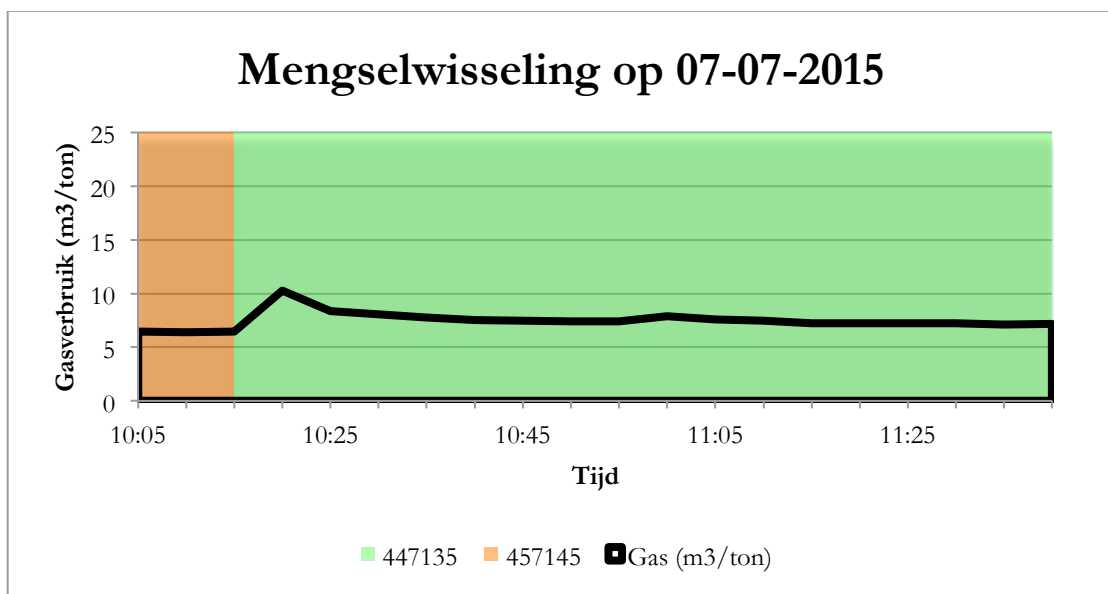


Figuur 6-4. Gasverbruik bij variatie in PR-materiaal in AC 16 Surf

Uit bovenstaande plot blijkt dat er geen enkele relatie te ontdekken is op basis van de variatie in PR-materiaal in mengsel AC 16 Surf. Dit is mogelijk te wijten aan een gebrek aan relevante data. Om een mogelijk verband aan te tonen zal extra data verkregen moeten worden waarin binnen een zelfde soort mengsel met een gelijke bovenmaat gevarieerd wordt met het percentage PR-materiaal.

6.3.3 Mengselwisselingen

Uit de observaties is gebleken dat er bij een mengselwisseling vaak een piek in het gasverbruik ontstaat. Deze piek valt te verklaren doordat de menger een nieuwe instelling kiest wanneer hij overschakelt van mengsel. Om ervoor te zorgen dat de temperatuur niet te laag uitvalt, kiest hij over het algemeen een te hoge instelling waardoor het gasverbruik toeneemt. Wanneer het mengsel vervolgens langere tijd in productie is, dan worden de instellingen geoptimaliseerd. Vervolgens komt het gasverbruik in een evenwicht terecht komt. Dit evenwicht is in feite de instelling waarbij de menger tevreden is met de asfalttemperatuur die het oplevert. In Figuur 6-5 staat een geregistreerde piek afgebeeld.



Figuur 6-5. Piek in gasverbruik bij mengselwisseling

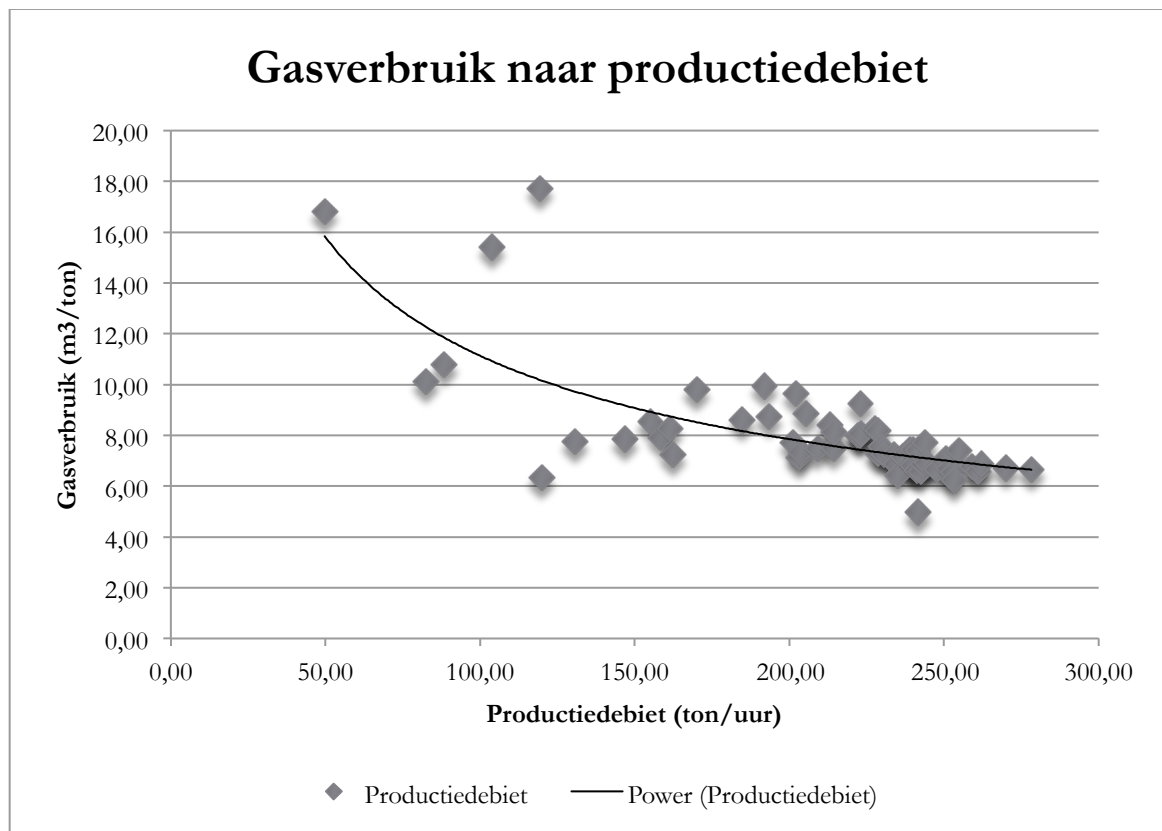
Vanwege deze pieken is het mogelijk te bepalen wat een gemiddelde mengselwisseling kwantitatief aan gas kost. Voor deze analyse is gekozen om alleen batches groter dan 100 ton mee te nemen, omdat er anders geen evenwicht ontstaat. Over de geanalyseerde batches ontstond gemiddeld een evenwicht nadat 56 ton was geproduceerd van de desbetreffende batch. Berekend is het gemiddelde gasverbruik per uur voor zowel de piek (gem_{piek}) als het evenwicht ($gem_{evenwicht}$). Vervolgens werd onderstaande formule toegepast om te bepalen hoeveel een gemiddelde mengselwisseling aan gas kost.

$$gasverbruik = \frac{\frac{gem_{piek} - gem_{evenwicht}}{totale\ tijd\ pieken}}{aantal\ mengselwisselingen}$$

Na analyse kan geconcludeerd worden dat een gemiddelde mengselwisseling tijdens de observatieperiode zo'n 7,12 m³ aardgas kostte. Bij de verbranding van dit gas komt 12,71 kg CO₂ vrij.

6.3.4 Productiedebiet

Gedurende de observatieperiode is geproduceerd met verschillende snelheden. Het productiedebiet, de hoeveelheid ton die wordt geproduceerd in een uur, heeft invloed op de verblijftijd van het materiaal in de droogtrommel. Bij een hoog debiet zal het materiaal sneller door de trommel moeten. Onderzocht is welke invloed het productiedebiet op het gasverbruik heeft. Vanuit de geobserveerde data is een plot uitgezet waarin het gasverbruik per ton asfalt wordt uitgezet tegen het productiedebiet. De plot is afgebeeld in Figuur 6-6.



Figuur 6-6. Gasverbruik naar productiedebiet

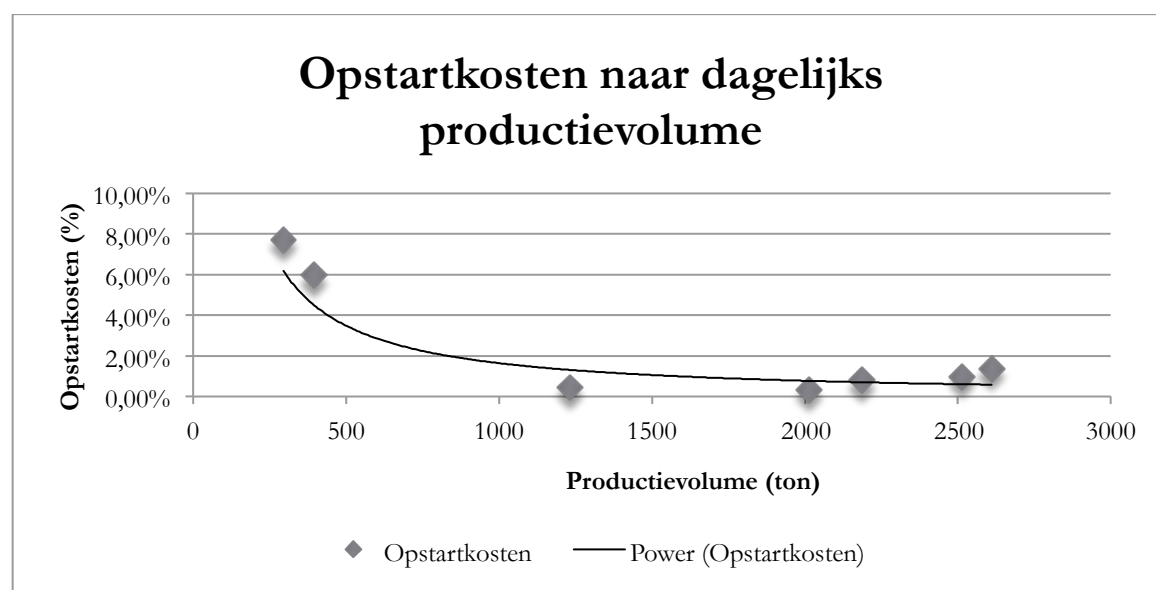
Uit de plot zijn twee wolken te onderscheiden. Hieruit valt af te leiden dat het gasverbruik sterk begint te stijgen wanneer het productiedebiet onder de 135 ton/uur komt. In zo'n geval neemt het gasverbruik toe tot boven de 10 m³/ton. Vanaf een productiedebiet boven de 200 ton/uur wordt er gemiddeld maar tussen de 6 en 8 m³/ton gas verbruikt. De analyse toont hierbij een trend aan waaruit blijkt dat een hoog debiet een lagere CO₂-uitstoot als gevolg heeft. Om zo efficiënt mogelijk om te gaan met het gasverbruik zal dus een productiedebiet van minimaal 200 m³/uur gerealiseerd moeten worden. Op basis van de vertoende trendlijn is in Tabel 6-6 een verwachtingspatroon in gasverbruik en CO₂-uitstoot vertoont.

Tabel 6-6. Verwachting gasverbruik bij toename productiedebiet

Productiedebiet (ton/uur)	Gasverbruik (m ³ /ton)	CO ₂ -uitstoot (kgCO ₂ /ton)
100	11,2	19,9
135	9,6	17,1
150	9,1	16,2
200	7,9	14,0
250	7,0	12,5

6.3.5 Starts en stops

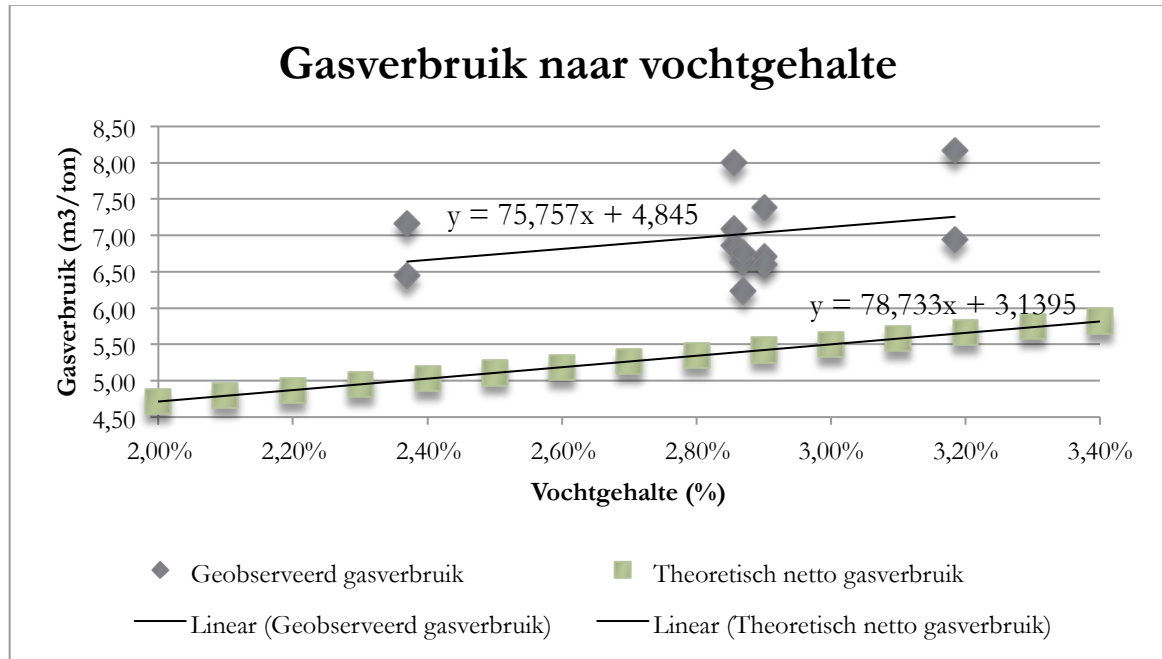
Iedere dag moet tenminste één start/stop worden uitgevoerd. Op 10 juli na bleef het aantal starts en stops tot dat aantal beperkt. Op 10 juli vond een storing in de paralleltrommel plaats waardoor de installatie moest worden uitgezet. Daarna moest nog één mengsel worden geproduceerd. De gemiddelde opstart van de installatie kosten tijdens de observatieperiode zo'n 148 m³ aan gas. Hierbij werd 264 kg CO₂ uitgestoten. Belangrijker om te achterhalen is vanaf welke productieomvang het rendabel wordt om de installatie op te starten met het oog op gasverbruik. Om dit te analyseren is in Figuur 6-7 het aandeel van de opstart in het dagelijks verbruik uitgezet tegen het dagelijkse productievolume. Wederom is uit de data een trend bepaald, welke als voorspelling dient. Uit deze verwachting is op te maken dat bij een productievolume van 850 ton de opstartkosten zo'n 2% zullen zijn van het totale verbruik. Dit is een acceptabel percentage, omdat uit de analyse blijkt deze waarde daarna niet of nauwelijks meer zal zakken.



Figuur 6-7. Aandeel van de opstartkosten in het dagelijks verbruik uitgezet tegen het productievolume

6.3.6 Vochtgehalte

Tijdens de observatieperiode zijn vochtgehalten bijgehouden. Vocht is vermoedelijk een invloedrijke factor, omdat het aanwezige vocht in de mineralen verdampt moet worden. Om een voorspelling te doen aan de hand van het vochtgehalte is zowel het vocht in het witte materiaal als het zwarte materiaal benodigd. Zoals uit Tabel 5-8 blijkt is dit voor twee mengsels op verschillende dagen het geval. Voor AC 16 Surf 50/70 zijn beide vochtgehalten bekend op 7 en 10 juli. Beide vochtgehalten zijn voor AC 22 Base 40/60 bekend op 7, 9 en 14 juli. Doordat beide vochtgehalten bekend zijn kon het vochtgehalte in het mengsel uitgezet worden tegen het gemiddelde gasverbruik per ton van een batch. De plot is afgebeeld in Figuur 6-8.



Figuur 6-8. Gasverbruik per ton asfalt uitgezet tegen het vochtgehalte

Uit de plot blijkt dat de relatie tussen de geplote coördinaten niet erg sterk is. Wel is waar te nemen dat het een stijgende trend betreft. Om te onderzoeken of de lineaire trendlijn toch de werkelijkheid benadert is ook de theorie onderzocht. Wanneer er een parallelle trend ontstaat kan aangenomen worden dat de trendlijn een benadering is van de werkelijkheid en de afwijkingen veroorzaakt worden door andere parameters. Harder (2008) geeft formules om de benodigde hoeveelheid energie te kunnen bepalen om een ton mineraal inclusief het vocht met 1 °C te verwarmen. Deze formules zijn onderstaand weergegeven.

$$Q = m \times c \times (T_{eind} - T_{begin})$$

Waarin Q de benodigde energie (J), m de massa van de te verwarmen stof (ton), c de soortelijke warmte (J/kg°C), T_{eind} de eindtemperatuur (°C) en T_{begin} de begintemperatuur (°C).

$$V_{gas} = \frac{Q}{H_B}$$

Waarin V_{gas} de benodigde hoeveelheid gas (m³), Q de benodigde energie (MJ) en H_B de calorische waarde van aardgas.

De uitgangspunten voor de berekening zijn weergegeven in Tabel 6-7.

Tabel 6-7. Uitgangspunten theoretische benadering relatie vochtgehalte met gasverbruik

Uitgangspunt	Waarde
Aandeel mineraal (%)	90,0
Massa mineraal (kg)	1000,0
Vochtgehalte (%)	2,0-4,0
T_{begin} (°C)	20,0
T_{eind} (°C), gemiddelde eindtemperatuur van geobserveerde batches	166,0
Soortelijke warmte mineraal (J/kg°C)	837,0
Soortelijke warmte water (J/kg°C)	4185,0
Verdampingswarmte water (kJ/kg)	2256,0
Calorische waarde aardgas	31,7

Voorbeeld berekening voor een ton asfalt bij een vochtgehalte van 3,0%:

$$Q_{\text{mineraal}} = 0,9 \times 1000 \times 837 \times (166 - 20) = 108.475.200 \text{ J} = 108,5 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{water}} = \frac{3}{100 - 3} \times 0,9 \times 1000 \times (90 \times 4185 + 2256000) = 73.279.948 \text{ J} \\ = 73,3 \text{ MJ}$$

$$V_{\text{gas}} = \frac{Q_{\text{mineraal}} + Q_{\text{water}}}{H_B} = \frac{181,8}{31,7} = 5,74 \text{ m}^3$$

De resultaten voor de theoretische benadering over een vochtgehalte van 2 tot 4 % zijn weergegeven in Figuur 6-8. Hieruit blijkt dat de theorie bijna naadloos aansluit bij de in de praktijk bepaalde trendlijn. De theoretisch bepaalde trend ligt echter een stuk lager, maar dat komt doordat de begin temperatuur mogelijk lager lag en er geen rekening is gehouden met bijvoorbeeld het gas benodigd voor de verwarming van de bitumen. Daarnaast kunnen ook andere onvoorziene factoren een rol spelen waar geen rekening mee gehouden is in de theorie.

De geïndiceerde lineaire trendlijn voorspelt een toename van 0,76 m³ gas per ton asfalt wanneer het vochtgehalte met één procent stijgt. Dit staat gelijk aan een toename van 1,35 kg CO₂ per ton asfalt. Bij een jaarlijkse productie van 200.000 ton asfalt levert een daling van één procent zo'n 270.249 kg CO₂ op.

Welk vochtgehalte in dit proces de meeste reductie in CO₂-uitstoot is niet te bepalen met de verzamelde data. Vermoedelijk vereist het drogen van het PR-materiaal meer gas, omdat de zwarte brander minder hoge temperaturen kan bereiken in verband met brandgevaar van de bitumen. Daardoor zal het PR-materiaal langer in de paralleltrommel moeten verblijven om volledig droog te worden. Dit heeft consequenties voor het productiedebiet waarvan is aangetoond, dat een hoog debiet een daling in het gasverbruik oplevert. Verder is bekend uit ervaring dat het PR-materiaal minder goed droogt. Daardoor zal vocht minder snel uit het materiaal verdampen. Hierdoor ligt het gemiddelde vochtgehalte in dit materiaal vaak hoger.

6.3.7 Temperaturen

Voor de reductie van de CO₂-uitstoot zijn twee verschillende temperaturen van belang. Ten eerste wordt de asfalttemperatuur geanalyseerd. Wanneer de eindtemperatuur te hoog uitvalt is dit gerelateerd aan een hoger gasverbruik. De andere belangrijke temperatuur is de temperatuur van de lucht die via de schoorsteen de lucht in gaat. Mogelijkerwijs is deze restwarmte her te gebruiken.

6.3.7.1 Asfalttemperatuur

Bij het observeren is bemerkt dat de eindtemperatuur van het gereed product consequent hoger uitvalt dan de voorgeschreven minimum temperatuur. Deels heeft dit te maken met het feit dat asfalt ook op de bouwplaats nog een bepaalde temperatuur dient te hebben om verwerkbaar te zijn. Uit paragraaf 0 blijkt dat de temperatuur op de bouwplaats tussen de 120-160°C moet liggen. Ook blijkt uit deze paragraaf dat volgens de Europese normen de temperatuur van het asfalt tijdens het vervoer niet met meer dan 25°C mag dalen. Als het gemiddelde van de temperatuur op de bouwplaats wordt genomen en het maximale temperatuurverlies gedurende het vervoer komt de minimale eindtemperatuur op 165°C (realistische_temp).

Strikter genomen kan ook gesteld worden dat de hoogste besparing behaald wordt bij het vervaardigen van het asfalt op de minimaal voorgeschreven temperatuur in de bewijzen van oorsprong (minimale_temp).

De gemiddeld geobserveerde eindtemperatuur is voor de diverse toegepaste bitumengraden bepaald. Met de formules gepresenteerd in paragraaf 6.3.6 wordt het benodigde gasverbruik bepaald voor deze gemiddelde temperaturen. Vervolgens wordt het benodigde gasverbruik voor een ton asfalt met deze temperaturen vergeleken met zowel het gasverbruik benodigd voor de realistische eindtemperatuur als de minimale eindtemperatuur. Er wordt rekening gehouden met een gemiddeld vochtgehalte van 3% en een buitentemperatuur van 15°C. Dit is afgebeeld in Tabel 6-8.

Tabel 6-8. Gasverbruik op basis van eindtemperatuur

Bitumen- grade	Temperatuur (°C)			Gasverbruik (m ³ /ton)		
	Geobserveerd	Realistisch	Minimaal	Geobserveerd	Realistisch	Minimaal
70/100	176		150	6,12		5,50
50/70	162	165	155	5,78	5,86	5,62
40/60	172		155	6,02		5,62
35/50	168		160	5,93		5,74

Op basis van deze gegevens kan de besparing op gasverbruik en CO₂-uitstoot per ton asfalt bepaald worden. Dit is weergegeven in Tabel 6-9.

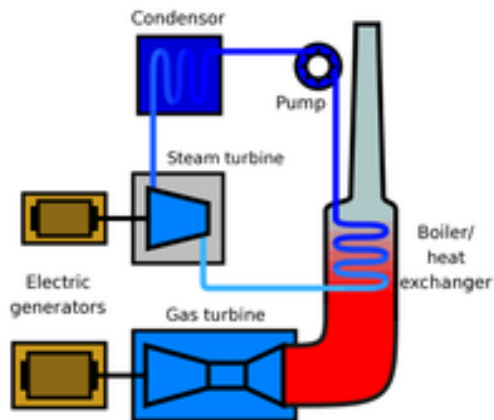
Tabel 6-9. Mogelijke besparingen op gasverbruik en CO₂ op basis van eindtemperaturen

Bitumengrade	Gasbesparing (m ³ /ton)		CO ₂ -reductie (kgCO ₂ /ton)	
	Realistisch	Minimaal	Realistisch	Minimaal
70/100		0,26	0,62	1,11
50/70		-	0,16	0,29
40/60		0,16	0,40	0,71
35/50		0,07	0,19	0,34
Gemiddeld		0,16	0,34	0,61

6.3.7.2 *Temperatuur uit schoorsteen*

Naast de eindtemperatuur van het asfalt is er ook sprake van temperaturen gerelateerd aan restwarmte. Mogelijkerwijs bestaan er mogelijkheden om deze restwarmte om te zetten in energie. Dit onderzoek richt zich voornamelijk op de aanwezige restwarmte. In hoeverre deze nuttig omgezet kan worden in energie moet ander onderzocht worden.

De temperatuur bij de filteruitgang is de temperatuur die rechtstreeks de lucht in gaat. In theorie is warmte een vorm van energie. Echter is het lastig om warmte weer om te zetten naar een bruikbare vorm van energie. Een momenteel toegepaste techniek in STEG-centrales is het creëren van een dubbele wand in de schoorsteen. Door deze wand loopt water wat door de temperatuur in de schoorsteen verwarmd kan worden. Wanneer de temperaturen hoog genoeg zijn om het water om te zetten in stoom, dan kan dit naar een stoomturbine geleid worden welke geschakeld is aan een elektrische generator. Hiermee kan warme lucht worden omgezet in elektriciteit. Het proces is weergegeven in Figuur 6-9.



Figuur 6-9. Energie omzetting van warmte naar elektriciteit

Wanneer de temperaturen niet hoog genoeg zijn voor de omzetting van water in stoom (minimaal 100°C), dan is het wellicht mogelijk het water toch op te warmen tot een bepaalde temperatuur. De extra energie benodigd voor de vorming van stoom kan dan wellicht toegevoerd worden vanuit de elektrische generator. Mogelijkerwijs is er dan toch een winst te behalen. In hoeverre dit rendabel is vereist extra onderzoek.

Het besturingssysteem van de APW houdt bij wat de temperatuur in de schoorsteen voor en na de doekfilter is (Bijlage J). Het verschil is het gevolg van een grote ventilator boven de doekfilter. Gedurende productie bereiken deze temperaturen gemiddeld gezien elke dag een vergelijkbare temperatuur. Deze temperaturen zijn weergegeven in Tabel 6-10.

Tabel 6-10. Gemiddelde temperaturen bij filteringang en uitgang

Gem. temperatuur filter ingang (°C)	Gemiddelde temperatuur filter uitgang (°C)
120	75

Hieruit valt op te maken dat de temperatuur bij filteringang hoog genoeg zijn voor dit systeem. Het alternatieve systeem is mogelijk toepasbaar wanneer het wordt toegepast bij filteruitgang. De toepasbaarheid van het systeem is onbekend.

7 Conclusies

Ter afronding van de bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente is een bachelor eindopdracht uitgevoerd. In het kader van deze opdracht is een onderzoek verricht betreffende het in kaart brengen van mogelijkheden om de CO₂-uitstoot bij de Asfalt Productie Westerbroek (APW) te reduceren. Het hoofddoel van het onderzoek is het komen tot specifieke aanbevelingen voor de APW om de CO₂-uitstoot te reduceren door inzicht te krijgen in de correlatie tussen het productieproces en de CO₂ die gedurende dit proces wordt uitgestoten. Om dit doel te bereiken is een hoofdvraag opgesteld. Om een antwoord op deze vraag te vergaren zijn deelvragen geformuleerd waarin stapsgewijs naar het antwoord op de hoofdvraag is gewerkt. De hoofdvraag van het onderzoek is als volgt geformuleerd:

“Op welke wijze wordt de CO₂-uitstoot gedurende het asfaltproductieproces binnen de Asfalt Productie Westerbroek beïnvloed en waar liggen, gegeven de huidige installatie, mogelijkheden om de uitstoot te reduceren?”

- **Welke CO₂-reductiemethodes beschrijft de literatuur op het gebied van asfaltcentrales?**

Uit de literatuurstudie kan geconcludeerd worden dat de APW beschikt over een discontinue installatie met chargemenger. Dit houdt in dat de droogtrommel en mengbak aparte machines zijn waartussen warme wachtsilo's zitten. Daarnaast is er sprake van een tweede parallel geschakelde droogtrommel speciaal voor het bijmengen van gerecycled asfalt. De parameters die volgens de literatuur binnen dit proces de CO₂-uitstoot beïnvloeden zijn het type mengsel, de hoeveelheid PR-materiaal in dit mengsel, het vochtgehalte van het materiaal dat wordt gebruikt, de branderstanden en de temperatuur die hierdoor gegenereerd wordt en het aantal keren dat de installatie hernieuwd moet opstarten voor productie. Om de CO₂-uitstoot te beïnvloeden worden methodes omschreven om deze parameters te optimaliseren. Het effect op de CO₂-uitstoot wordt effectief gezien het best gemeten door het rechtstreeks te relateren aan het gasverbruik. Aan de hand hiervan worden ook de meeste reductiemethodes gerelateerd. Reductie op basis van het type mengsel kan door toedoen van nieuwe soorten bitumen. Deze innovatie, ook wel laag temperatuur asfalt genoemd, zorgt ervoor dat, zoals de naam al doet vermoeden, het asfalt op een lagere temperatuur vervaardigd kan worden waardoor minder energie benodigd is. Andere reductiemogelijkheden die uit de literatuur zijn opgemaakt zijn het bijmengen van een hoger PR-percentages, het overkappen en anders bunkeren van grondstoffen, het automatiseren van de branders, het effectief gebruiken van restwarmte en een goede planning.

- **Welke processen en parameters in het asfaltproductieproces om CO₂-uitstoot te reduceren worden vanuit de praktijk ondervonden?**

Geconcludeerd kan worden dat in de praktijk de in de literatuur ondervonden parameters min of meer worden bevestigd. Wel kan op basis van de multicriteria analyse een rangschikking worden gemaakt wat de vermoedelijk invloedrijkste parameters zijn. Hieruit blijkt dat voornamelijk het vochtgehalte en het gebruik van PR-materiaal als invloedrijkst worden beschouwd door de medewerkers en chef van de APW. Andere parameters die invloedrijk werden bevonden zijn het opstarten van de installatie, de branderstanden, wijzigingen in de planning, de eindtemperatuur van het asfalt, het aantal mengselwisselingen, het type mengsel en het productiedebiet.

- **Hoe wordt bij de APW te werk gegaan met het oog op de voor CO₂-uitstoot belangrijkste processen en parameters?**

Tijdens het observeren zijn bepaalde aan CO₂-uitstoot gerelateerde keuzes opgevallen. Hieruit zijn een aantal conclusies getrokken. Ten eerste wordt gekozen om het materiaal in open bunkers op te slaan. Hierdoor zijn zij afhankelijk van weersomstandigheden. De reden voor deze keuze schuilt in het kostenplaatje dat bij het overkappen van deze bunkers hoort. Het is onbekend hoeveel een dergelijke investering oplevert. Ten tweede is voor mengsels een vast percentage PR-materiaal vastgesteld. Dit percentage wordt bepaald aan de hand van beproevingen van de asfaltkwaliteit in het lab. Achter de keuze om PR-materiaal te gebruiken schuilt een duurzame gedachtegang. Het aantal keren dat de installatie moet opstarten wordt geprobeerd te beperken tot eenmaal daags. Bij een nabestelling van 100 ton of meer wordt echter een herstart mogelijk. Uitzonderingen zijn mogelijk wanneer een deklaag dezelfde dag nog dicht moet. De volgende conclusie is dat bij een mengselwisseling standaard een te hoge branderstand wordt ingesteld. Dit is voornamelijk om te zorgen dat de temperatuur in het materiaal niet te laag uitvalt en daardoor niet conform de eisen is. Gedurende de productie van het mengsel worden de branderstanden bijgesteld. Daarnaast worden door planning technische redenen soms productiebatches in meerdere delen verdeeld in verband met siloruimte en afleverperiodes. Hierdoor ontstaan extra mengselwisselingen. Verder stijgen eindtemperaturen van het asfalt vaak boven de minimale vereiste uit. Grotendeels is dit om te zorgen dat het eindproduct op een goede temperatuur arriveert op de bouwplaats. In sommige gevallen wordt geproduceerd voor de volgende dag, waardoor rekening gehouden moet worden met het afkoelen in de silo's ondanks dat deze verwarmd zijn. Tot slot kan geconcludeerd worden dat er niks met restwarmte gedaan wordt. Dit komt simpelweg, omdat men niet weet hoe de restwarmte mogelijk omgezet kan worden in energie en daarnaast vanwege het bijbehorende kostenplaatje om in een dergelijke toepassing te investeren.

Bij de APW houdt het besturingssysteem een groot aantal parameters bij in de vorm van grafieken. Deze grafieken zijn echter moeilijk af te lezen. Hoe de kwantitatieve data verkregen wordt is niet bekend. Met de data in het besturingssysteem wordt verder ook niks gedaan. Het gasverbruik wordt bijgehouden op een separate computer. Deze is echter voornamelijk bedoeld om in de gaten te houden of het maximale uur debiet niet wordt overschreden. Voor de rest is ook deze data niet kwantitatief te verkrijgen. Gegevens betreft gasverbruik waar wel naar gekeken wordt zijn jaarafrekeningen. Geconcludeerd is dat deze echter niet relevant zijn voor dit onderzoek. Tot slot wordt het vochtgehalte bij binnenkomst van de materialen geregistreerd. Deze data wordt vervolgens echter niet bijgehouden waardoor niet bekend is hoe dit vochtgehalte zich over de tijd ontwikkelt. In 2010 is het vochtgehalte wel meermaals bijgehouden, maar met deze data is niks gedaan. Voor dit onderzoek is deze data niet bruikbaar, omdat er geen gegevens beschikbaar zijn waaraan het vochtgehalte gerelateerd kan worden.

- **Hoe beïnvloedt de werkwijze van de APW de CO₂-uitstoot van de centrale?**

De invloed van de werkwijze op de CO₂-uitstoot wordt per parameter behandeld. De invloed is in eerste instantie gerelateerd aan gasverbruik waarna een vertalingsslag naar CO₂-uitstoot wordt gemaakt.

→ Branderstanden

Geanalyseerd zijn de branderstanden op basis van het debiet bij een bepaalde instelling. Op basis van het vermogen van de individuele branders is eerst een gecombineerde branderstand bepaald welke is geanalyseerd. Vervolgens kon worden teruggerekend wat de invloed van zowel de witte als zwarte brander was. Geconcludeerd kan worden dat de witte brander bij elke verhoging van één procent $14 \text{ m}^3/\text{uur}$ gas meer verbruikt. Dit staat gelijk aan 26 kg CO_2 per uur. Voor de zwarte brander geldt bij een dergelijke verhoging dat het gasverbruik met $6 \text{ m}^3/\text{uur}$ toeneemt en de CO_2 -uitstoot met $12 \text{ kg}/\text{uur}$.

→ Bovenmaat van mengsel

Op basis van diverse mengsels is de relatie van het gasverbruik met de bovenmaat van het mengsel bepaald. Hieruit ontstond een bandbreedte die bij toename van de bovenmaat een dalende trend vertoonde. Op basis van gemiddeldes kan geconcludeerd worden dat bij de productie van mengsels met een bovenmaat van 11 mm gemiddeld $13,8 \text{ kg CO}_2$ per ton asfalt uitgestoten wordt. Voor een bovenmaat van 16 mm betreft dit gemiddelde $13,5 \text{ kg}/\text{ton}$ en bij 22 mm is dit gemiddeld $12,3 \text{ kg}/\text{ton}$.

→ PR-materiaal

Aan de hand van de geobserveerde data kon geen trend bepaald worden voor de invloed van PR-materiaal. Daardoor blijft het onbekend wat de daadwerkelijke invloed van het bijmengen van PR-materiaal op de CO_2 -uitstoot is. De reden dat het niet is gelukt een trend te indiceren komt doordat bij mengsels vaak een vast percentage PR-materiaal wordt bijgemengd. Hierdoor ontstaan geen variaties in de data waaruit de invloed van deze parameter bepaald kan worden. Indirect wordt de invloed van het materiaal wel zichtbaar middels de zwarte brander en het vochtgehalte in dit materiaal.

→ Mengselwisselingen

Tijdens het produceren van asfalt wordt gewisseld van mengsel. Soms is dat omdat het benodigde volume bereikt is. Andere keren schuilt hier een planning technische reden achter. Bij een mengselwisseling worden de instellingen aangepast. Hier wordt vaak een te hoge inschatting gemaakt. Dit is geanalyseerd en als conclusie is getrokken dat een bij een gemiddelde mengselwisseling $12,71 \text{ kg CO}_2$ extra wordt uitgestoten als gevolg van een toename in het gasverbruik.

→ Productiedebiet

Op basis van de analyse kan gesteld worden dat een te laag productiedebiet grote consequenties heeft voor het gasverbruik. Om ervoor te zorgen dat er gemiddeld niet meer dan $8 \text{ m}^3/\text{ton}$ asfalt verbruikt wordt, is een minimaal productiedebiet van $200 \text{ ton}/\text{uur}$ nodig. Dit is evenredig aan $14 \text{ kg CO}_2/\text{ton}$ asfalt. Bij lagere debieten neemt de uitstoot exponentieel toe.

→ Opstarten installatie

Het opstarten van de installatie is noodzakelijk, maar kost gemiddeld veel gas. Bij een gemiddelde start wordt 264 kg CO_2 uitgestoten. Om het opstarten van de installatie rendabel te maken is een grenswaarde gesteld van minimaal 850 ton productievolume gesteld. Dit heeft als resultaat dat de uitstoot bij het opstarten van de installatie niet meer dan 2% van de totale uitstoot bedraagt.

→ Vochtgehalte

Tijdens het observeren zijn monsters genomen om het vochtpercentage in het mengsel te bepalen. Door het analyseren van het vocht ten opzichte van het gasverbruik is een trend ontdekt. Deze trend kan worden bevestigd door op theorie gebaseerde formules. De conclusie die kan worden getrokken is dat de CO₂-uitstoot met 1,35 kg/ton geproduceerd asfalt toeneemt wanneer het vochtgehalte met 1% stijgt. Welk materiaal, wit of zwart, hierin het invloedrijkst is kan niet worden geconcludeerd op basis van dit onderzoek. Wel bestaat het vermoeden dat het vochtgehalte in het PR-materiaal een grotere rol speelt, omdat de temperaturen in deze trommel minder hoog oplopen waardoor het materiaal langer in de trommel moet verblijven om droog te worden. Hierdoor neemt het productiedebiet af waardoor ook de CO₂-uitstoot toeneemt. Daarnaast vermoedt het personeel van de APW op basis van ervaring dat het PR-materiaal minder goed droogt. Hierdoor zijn de consequenties voor een stijging in het vochtpercentage groter, dan bij het witte materiaal.

→ Temperaturen

Tot slot is geconstateerd dat de gemiddelde eindtemperaturen van het gereed product hoger liggen dan de minimale vereisten. Om de mengsels op deze hogere temperatuur te krijgen is meer energie verbruikt. Op basis van de bewijzen van oorsprong en Europese normen zijn een minimale temperatuur en een realistische temperatuur, die rekening houdt met transport en verwerkbaarheid, opgesteld. Aan de hand van deze temperaturen is een besparingsmogelijkheid vastgesteld. Wanneer de minimale temperatuur wordt aangehouden wordt 0,61 kg CO₂ per ton bespaard en bij het aanhouden van de realistische temperatuur 0,29 kg CO₂ per ton.

Naast de gemiddelde eindtemperatuur is ook gekeken naar de mogelijkheid om restwarmte nuttig te gebruiken. Ondervonden is een gemiddelde temperatuur van 75°C bij de filteruitgang. De temperatuur bij de filteringang bedraagt gemiddeld 120°C. In hoeverre dit benut kan worden is onbekend. Hier is vervolgonderzoek voor nodig.

Op basis van deze conclusies kan gesteld worden dat de winst voornamelijk op het gebied van vochtgehalte te behalen is. Dit levert de grootste besparing op, omdat een daling van 2% in het vochtgehalte met behulp van een overkapping haalbaar wordt geacht. Dit zou een besparing van 2,70 kg CO₂ per ton asfalt opleveren. Bij een jaarlijkse productie van 200.000 ton asfalt levert dit een reductie van 540 ton CO₂ op. Daarnaast zitten hier ook andere financiële voordelen aan vast, omdat bij een dergelijke reductie ook 302.521 m³ gas wordt uitgespaard.

8 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de conclusies en bevindingen tijdens het onderzoek zijn een aantal aanbevelingen opgesteld. Deze aanbevelingen lopen uiteen van voorstellen ter optimalisatie van het productieproces tot dataverzameling en vervolgonderzoek. Er is een scheiding gemaakt tussen aanbevelingen voor de korte en lange termijn.

8.1 Aanbevelingen voor de korte termijn

1. Producteren boven grenswaarden

Bij het productieproces moet gestreefd worden naar een zo laag mogelijke CO₂-uitstoot. Om de uitstoot te minimaliseren zijn een aantal grenswaarden geconcludeerd om zodoende zo efficiënt mogelijk te produceren:

- Productievolume na opstarten > 850 ton
- Productiedebiet > 200 ton/uur

2. Mengselwisselingen beperken

Met het produceren van asfalt moet geprobeerd worden zo min mogelijk mengselwisselingen uit te voeren. Bij het wisselen van mengsel wordt namelijk extra CO₂ uitgestoten, doordat gezocht moet worden naar een nieuwe afstelling van de branders. Om dit te realiseren moeten batches van hetzelfde mengsel zoveel mogelijk gecombineerd worden. Daarnaast moet planning technisch een optimalisatieslag gemaakt worden om te voorkomen dat batches onderbroken moeten worden door een gebrek aan siloruumte. Er kan ook gekozen worden om een dagelijks maximum aan type mengsels te produceren om zo het aantal mengselwisselingen terug te dringen.

3. Eindtemperatuur gereed product bewuster afstellen

Momenteel wordt bij de productie van mengsels niet bewust omgegaan met de eindtemperatuur. Vaak is op een willekeurige eindtemperatuur afgesteld waarbij de menger op basis van gevoel bepaald of deze hoog genoeg is. Door inzicht te vergaren in temperatuurverlies en de benodigde temperatuur op de bouwplaats kan een weloverwogen beslissing worden gemaakt in eindtemperatuur. Hierdoor wordt het asfalt niet onnodig op een te hoge temperatuur geproduceerd en kan gericht naar een vooraf bepaalde temperatuur gestreefd worden.

8.2 Aanbevelingen voor de lange termijn

1. Overkappen open grondstofbunkers

Gebleken is dat de winst betreft CO₂-uitstoot voornamelijk op basis van vochtgehalte te halen is. Gebleken is dat een daling van 2% een reductie van 540 ton CO₂ kan opleveren bij een jaarlijkse productie omvang van 200.000 ton asfalt. Om het vochtgehalte te beperken is het een goede oplossing om het materiaal te overkappen. Hierdoor ligt het materiaal droog en stijgt het vochtgehalte niet onnodig door toedoen van weersomstandigheden. Aan te bevelen is een toekomstgerichte kosten/baten analyse waarbij gekeken wordt naar de steeds belangrijkere rol die CO₂ binnen de industrie gaat spelen. Op basis van vermoedens zou het overkappen van het PR-materiaal geprioriteerd moeten worden.

2. Meten is weten

In het kader van meten is weten is het aan te bevelen de door dit onderzoek ondervonden parameters in kaart te blijven brengen. Door een dataset te creëren over een langere periode kunnen de door dit onderzoek geanalyseerde trends worden geoptimaliseerd. Zodoende worden voorspellingen nog accurater en kan de CO₂-uitstoot verder geminimaliseerd worden. Het is met name interessant om het vochtgehalte te blijven observeren om te achterhalen hoe dit zich ontwikkelt over de tijd. Deze gegevens kunnen ook van belang zijn in de kosten/baten analyse ter overweging van een overkapping. Tot slot kan het kennen van de parameters ook helpen bij het instellen van een correcte branderstand. Hierdoor kan van te voren een betere inschatting worden gemaakt hoe het mengsel zal reageren bij een bepaalde stand en welke temperatuur dit oplevert.

3. Automatiseren dataverzameling

In dit onderzoek is alle data handmatig verzameld. Dit is erg inefficiënt wanneer een dataset over langere periode verkregen moet worden. Aanbevolen wordt het installeren van dataloggers waardoor de parameters automatisch worden bijgehouden. Mogelijk is dat dit reeds het geval is binnen het benutte besturingssysteem. In dit geval is het van belang uit te zoeken hoe de kwantitatieve dat uit dit systeem verkregen kan worden om zodoende een dataset te kunnen realiseren.

4. Vervolgonderzoek naar invloed van leklucht

Door gebrek aan tijd is in dit onderzoek de invloed van leklucht niet naar voren gekomen. Vermoedelijk speelt deze factor wel een belangrijke rol. Aanbevolen wordt hier vervolgonderzoek naar te doen. Dit kan mogelijk een extra reductie in CO₂-uitstoot opleveren.

5. Vervolgonderzoek invloed van PR-materiaal

Uit de literatuur blijkt het PR-materiaal een grote invloed kan hebben op de CO₂-uitstoot. Binnen dit onderzoek is er echter geen verband gevonden tussen het PR-materiaal en de CO₂-uitstoot. Om hier een goed inzicht in te krijgen moet vervolgonderzoek plaatsvinden. Het is aan te bevelen om binnen een gelijkwaardig mengsel te variëren met het percentage PR-materiaal dat wordt bijgemengd. Zo kan het effect van dit materiaal geïsoleerd worden en daardoor beter in kaart gebracht.

6. Vervolgonderzoek naar toepassingsmogelijkheden laag temperatuur asfalt

Innovaties in laag temperatuur asfalt hebben een grote potentie op het gebied van CO₂-reductie. Aanbevolen wordt om in samenwerking met aannemers onderzoek te doen naar het gebruik van dit type asfalt. Doordat er bij fors lagere temperaturen geproduceerd kan worden, zou dit een aanzienlijke winst opleveren.

7. Vervolgonderzoek naar mogelijkheden om de restwarmte te benutten

Bij het produceren van asfalt komen er hoge temperaturen aan te pas. Dit resulteert in een restwarmte. Momenteel wordt hier niks mee gedaan en is het onbekend hoe deze restwarmte omgezet kan worden in bruikbare energie. Vervolgonderzoek is aan te bevelen naar de mogelijkheid om deze warmte om te zetten. Dit kan het rendement van het verbruikte gas aanzienlijk verhogen.

Referenties

- Ang, B. W., Fwa, T. F., Ng, T. T. (1993). Analysis of process energy use of asphalt-mixing plants. *Energy*, 18, 769. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-5442\(93\)90035-C](http://dx.doi.org/10.1016/0360-5442(93)90035-C)
- ArchitectenGilde. (ca. 2013). Bouwfysica: tabellarium overzicht materiaaleigenschappen. Geraadpleegd op http://www.architectengilde.nl/wp-content/uploads/2013/09/Bouwfysica_tabellarium_overzicht_materiaaleigenschappen.pdf
- CO₂ emissiefactoren. (2015). Lijst emissiefactoren. Geraadpleegd op <http://co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/>
- Cornelissen, R. L., van Rens, G. L. M. A. (z.j.). *Vermijden van verliezen bij het gebruik van industriële restwarmte* [Rapport]. Geraadpleegd op 7 juni 2015, op <http://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Rapport%20Vermijden%20van%20verliezen%20bij%20het%20gebruik%20van%20industriële%20restwarmte,%20Exergie%20eenvoudig%20uitgelegd.pdf>
- CROW. (2010). Deelhoofdstuk 31.2 Asfaltverhardingen. Geraadpleegd op <http://www.crow.nl/getmedia/35adc419-92df-4d29-868a-f40393e35a72/Herziening-RAW-deelhoofdstuk-31-2-Asfaltverhardingen-juli-2010.aspx>
- D'Angelo, J., Harm, E., Bartoszek, J., Baumgardner, G., Corrigan, M., Cowsert, J., Harman, T., Jamshidi, M., Jones, W., Newcomb, D., Prowell, B., Sines, R., Yeaton, B. (2008). Warm-Mix Asphalt: European Practice (Report No. FHWA-PL-08-007). Geraadpleegd op Federal Highway Administration website: <http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf>
- Duurzaambedrijfsleven.nl. (2014, mei 20). Miljardenoverschot CO₂-rechten: prijs blijft dalen [Artikel]. Geraadpleegd op <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/infra/2563/miljardenoverschot-co2-rechten-prijs-blijft-dalen>
- Energieleveranciers.nl. (ca. 2015). Calorische waarde, bovenwaarde en onderwaarde. Geraadpleegd op <http://www.energieleveranciers.nl/energie/begrippen/calorische-waarde>
- European Asphalt Pavement Association. (2007). *Environmental Guidelines on Best Available Techniques (BAT) for the Production of Asphalt Paving Mixes*. Geraadpleegd op [eapa.org/usr_img/position_paper/bat_update_version2007.pdf](http://www.eapa.org/usr_img/position_paper/bat_update_version2007.pdf)
- European Asphalt Pavement Association. (ca. 2012). *What is Asphalt*. Geraadpleegd op <http://www.eapa.org/asphalt.php?c=78>
- FNV Bouw. (2010). Werken met asfalt: Gezond op weg. Geraadpleegd op <http://www.fnvbouw.nl/SiteCollectionDocuments/Veilig%20en%20gezond%20werken/Arbowijzer1-Asfalt-2010.pdf>
- Gillespie, I. (2012). Quantifying the energy used in an asphalt coating plant (Master thesis, University of Strathclyde, Glasgow, Schotland). Geraadpleegd op http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2012/Gillespie.pdf

- Harder, G. (2008). Energy and Environmental Gains of Warm and Half-Warm Asphalt Mix: Quantitative Approach. *87th Annual TRB Meeting*, (p. 29).
- Hamstra, H. & Everts, D. (2012). *EEP 2013-2016 voor Asfalt Productie Westebroek BV te Westebroek: In het kader van het MJA3-convenant* (EEP No. 901).
- Huerne, ter H., Blom, P., Koelen, J. (2010). *Strukton scope 3: CO₂-Emissie voor asfalt*.
- Hunter, R. N. (2000). *Asphalts in Road Construction*. London, UK: Thomas Telford.
- Jorritsma, S. & Wolters, G. (2011). Methodologierapport CO₂-allocatie-aanvraag: o.b.v. standaard CO₂ methodologierapport voor asfaltmenginstallaties.
- Jorritsma, S. (2010). Ketenanalyse asfalttransport: Optimalisatie inzet asfalttransport. Geraadpleegd op Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen website: <http://www.skao.nl/images/cms/KWS%20Infra%20B.V.%20-%20Optimalisatie%20inzet%20asfalttransport%20-%202014-09-2010.pdf>
- Jullien, A., Gaudefroy, V., Ventura, A., de la Roche, C., Paranhos, R., Monéron, P. (2010). Airborne Emissions Assessment of Hot Asphalt Mixing. *Road Materials and Pavement Design*, 11, 149-169. <http://dx.doi.org/10.1080/14680629.2010.9690264>
- Milieuloket. (ca. 2014). Emissiehandel. Geraadpleegd op 7 juni 2015, op <http://www.milieuloket.nl/9353000/1j9vvhurbs7rzq9/vhurdyxqxfmg>
- Peinado, D., de Vega, M., García-Hernando, N., Marugán-Cruz, C. (2010). Energy and exergy analysis in an asphalt plant's rotary dryer. *Applied Thermal Engineering*, 31, 1039-1049. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.11.029>
- Pike, D. C. (1990). *Standards for Aggregates*. New York, USA: E. Horwood.
- Read, J. & Whiteoak, D. (2003). *The Shell Bitumen Handbook. 5th ed.*. London, UK: Thomas Telford.
- Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D., Kennedy, T. W. (1991). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. 1st ed.*. Lanham, MD: National Asphalt Paving Association Research and Education Foundation.
- Rogers, M. (2008). *Highway Engineering. 2nd ed.*. Oxford, UK: Blackwell.
- Rubio, M. C., Martínez, G., Baena, L., Moreno, F. (2011). Warm mix asphalt: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 24, 76-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.053>
- Rubio, M. C., Moreno, F., Martínez-Echevarría, M. J., Martínez, G., Vázquez, J. M. (2013). Comparative analysis of emissions from the manufacture and use of hot and half-warm mix asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 41, 1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.036>
- Serra, D. (2010). *Moisture in Asphalt Production*. Geraadpleegd op http://www.hydronix.com/downloads/articles/product_range/moisture_in_asphalt_production.pdf

- Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen. (2011). Bouwsector maakt sprongen op gebied van duurzaamheid [persbericht]. Geraadpleegd op <http://www.skao.nl/index.php?ID=6&IDN=37>
- Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen. [ca. 2013]. CO₂-Prestatieladder; Wat is de ladder? Geraadpleegd op 21 mei 2015, op <http://www.skao.nl/index.php?ID=18>
- TNO. (z.j.). Asfalt en wegenbouw. Geraadpleegd op 19 mei 2015, op <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/leefomgeving/buildings-infrastructures/infrastructuur-wegen-spoor-sluizen-bruggen-en-tunnels/asfalt-en-wegenbouw/>
- Transumo. (2009). Innovatieve Netwerken in Asfalt. Geraadpleegd op <http://www.infrasite.nl/documents/bedrijven/2048/Eindcongres%20Flyer%20Nationale%20Netwerken.pdf>
- Vaitkus, A., Čygas, D., Laurinavičius, A., Perveneckas, Z. (2009). Analysis and evaluation of possibilities for the use of warm mix asphalt in Lithuania. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 4, 80-86. <http://dx.doi.org/10.3846/1822-427X.2009.4.80-86>
- VBW-Asfalt. (2014). Asfalt, het materiaal, de productie en de verwerking. Geraadpleegd op <http://www.asfaltblij.nl/wat-is-asfalt>
- Visser, K. & Jonker, S. (2011). Rapportage ketenanalyses asfalt producten. Geraadpleegd op Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen website: <http://www.skao.nl/docs/a2557a7b2e94197ff767970b67041697/lca389/Rapportage%20ketenanalyse%20asfalt.pdf>
- VITO. (2012). Het productieproces. Geraadpleegd op <http://ibbt.emis.vito.be/content/het-productieproces>
- Walsh, I. D. (2011). *ICE manual of highway design and management*. London, UK: Institution of Civil Engineers (ICE).
- Wei, K., Lin, J., Yu, I. (2013). Assessment of CO₂ Emission Reduction in Road Construction Using Recycled Concrete Materials. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 6, 423-430. DOI:10.6135/ijprt.org.tw/2013.6(4).423
- Wen, H., Lu, J., VanReken, T. M. (2014). Modeling the Effects on Energy and Carbon Dioxide from the Use of Recycled Asphalt Pavement in Hot Mix Asphalt. *International Journal of Sustainable Transportation*, 8, 249-261. <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2012.662579>

A. Bijlage – Enquêtes

Bijlage A toont de afgenomen enquêtes. In totaal zijn er zes enquêtes afgenomen. Elke enquête start met een inleiding. De inleiding, zoals hieronder weergegeven start met het uitleggen van het doel van het onderzoek en hoe de enquête hieraan bijdraagt. Ook zijn instructies gegeven omtrent het niet kunnen invullen van een vraag of vragen over de enquête.

Inleiding: Onderstaand bevindt zich een enquête aangaande onderzoek naar het terugbrengen van de CO₂-uitstoot bij de Asfalt Productie Westerbroek (APW). Het onderzoek is er op gericht om inzicht te krijgen in het verband tussen de CO₂-uitstoot en het asfaltproductieproces om zodoende tot aanbevelingen te komen voor verbeteringen. Voorafgaand aan deze enquête is literatuuronderzoek gedaan naar het asfaltproductieproces en is gezocht naar factoren die de CO₂-uitstoot beïnvloeden. Het hoofddoel van deze enquête is om de belangrijkste uit de literatuur gebleken factoren te bepalen op basis van praktijkkennis. Hierdoor moet duidelijk worden waarop gefocust moet worden gedurende het onderzoek. Naast het hoofddoel is tot doel gesteld om het asfaltproductieproces en hieraan relevante zaken bij specifiek de APW in kaart te brengen om tot eventueel onvoorziene inzichten te komen. Verder wordt de mogelijkheid geboden aan u, de werknemers van de APW, om eigen inbreng en/of mogelijke oplossingen aan te dragen relevant voor de reductie van CO₂-uitstoot.

Wanneer vragen in deze enquête niet op basis van uw kennis te beantwoorden zijn, kunt u de vraag overslaan door een ‘-’ in te vullen. Als er te weinig ruimte tussen de vragen zit om uw antwoord in te vullen, dan kunt u het antwoord op de achterkant van het blad noteren (noteer dan het vraagnummer bij het gegeven antwoord). Indien er onduidelijkheden bestaan over één of meerdere vragen ben ik op kantoor van de APW of via r.olthof@student.utwente.nl bereikbaar. Bij voorbaat dank voor het invullen van deze enquête.

Na de inleiding zijn twee inleidende vragen gesteld gevolgd door vragen over vier verschillende thema's. De thema's zijn als volgt:

- Werkmethodiek
- Asfaltproductieproces
- Externe invloeden
- CO₂-uitstoot reduceren

Bij het vierde thema is een toelichting gegeven op de benoemde parameters. Deze toelichting is weergegeven in bijlage B.

A.I Enquête – Laborant I

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Laborant

1 Werkmethodiek

- 1. Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?**
Kwaliteitscontroleur. Keuren en beproeven van inkomende bouwstoffen en uiteindelijk van het eindproduct.
- 2. Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?**
Beide
- 3. Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?**
Resultaten van de bouwstoffen en asfalt beproevingen. Eigenlijk alle resultaten die we vinden.

2 Asfaltproductieproces

- 1. Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?**
Op bestelling van de aannemers. Intern probeert men zo weinig mogelijk omschakelingen + starts/stops te doen.
- 2. Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?**
Kan vertraging opleveren. Andere aanvoer materialen instellen. Recept wijzigen. Instelling brander en dergelijke bijstellen.
- 3. Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?**
Verschillende temperaturen. Of alle afwegingen en dergelijke goed lopen. Zo nodig bijstellen.
- 4. Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?**
Vocht in materiaal, met name in het freesasfalt.
- 5. Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?**
Mineraal temperatuur moet omhoog om samen met de PR op de goede eindtemperatuur te komen.
- 6. Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?**

Ja, bijvoorbeeld omschakelen. Er moet rekening gehouden worden met op tijd ander materiaal aan te voeren.

7. Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?

Allemaal.

3 Externe invloeden

1. Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?

KWS, OHI, Roelofs en Dijkstra + nog een aantal derden.

2. Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?

Groot

3. Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?

Als het niet ...

4 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel I. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel I benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeldt dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

1. Hoe zou u de in Bijlage Tabel I benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.

2. Welke factoren in Bijlage Tabel I zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.

Bijlage Tabel I. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	5	1	Wijzigingen in planning	3	5
Type bitumen	1	1	Mengselwisselingen	3	1
Branderstand	5	1	Starts en stops	5	3
Vochtgehalte	5	5	Totale productievolume	3	3
PR-materiaal	5	5	Batchgrootte	3	3
Asfalttemperatuur	4	1	Productiedebiet	3	3

3. Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.

—

4. Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.
—
5. Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.
—

De enquête is hiermee ten einde. Bedankt voor het invullen. De ingevulde enquête kan bij mij worden ingeleverd op kantoor bij de APW.

A.II Enquête -Shovelmachinist

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Shovelmachinist

2 Werkmethodiek

1. **Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?**

Het beheren van het terrein. Daarbij hoort het vullen van de doseurs en alle voorkomende werkzaamheden die daar bij horen. Verder ben ik allround in het bedrijf en doe alle voorkomende werkzaamheden.

2. **Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?**

Mijn taken voer ik uit op basis van ervaring, maar ook vast protocollen.

3. **Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?**

Alle gegevens van de shovel, met uitzondering van brandstofverbruik, worden digitaal bijgehouden. Het brandstof gebruik hou ik schriftelijk bij.

3 Asfaltproductieproces

1. **Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?**

De behoefte van de aannemer. Dit bepaald het productieproces.

2. **Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?**

Bij een mengselwisseling zijn veel veranderende factoren die invloed hebben op het productieproces. Zoals vochtgehaltes van de verschillende materialen, de aan te voeren hoeveelheden, de samenstelling van de mengsels en zo zijn er nog veel meer verschillende factoren. De genomen acties bij een mengselwisseling zijn daarom erg mengsel specifiek.

3. **Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?**

Dat de temperaturen die hier voor nodig zijn ook daadwerkelijk gehaald worden en zo nodig bijgestuurd worden. Dat kan op verschillende manieren, zoals branders op- of afsturen, maar ook draaisnelheden van de trommels veranderen. Dit kan veel invloed hebben. Ook zijn de onderdrukken in de trommels belangrijk. Dit bepaald de hoeveelheid leklucht en daarbij het temperatuurverlies.

4. **Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?**

Vocht, leklucht en buitentemperatuur.

- 5. Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?**

Bij het gebruik van regeneratie asfalt worden er meerdere doseurs gebruikt die de parallel installatie voeden. Deze installatie heeft een eigen brander die het materiaal droogt en verwarmd. Hierbij wordt een grote hoeveelheid gas en elektriciteit gebruikt. Daarentegen gaat de productiesnelheid wel omhoog.

- 6. Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?**

Er zijn niet veel factoren die door de werknemers te beïnvloeden zijn.

- 7. Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?**

Er zijn niet veel factoren die door de werknemers te beïnvloeden zijn.

4 Externe invloeden

- 1. Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?**

Roelofs, KWS Infra, Dijkstra, Oosterhoff Holman en derden.

- 2. Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?**

Groot. Deze bepalen doormiddel van een management team en een directie het reilen en zijlen bij de APW.

- 3. Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?**

De uitvoerder belt dat hij of zij te weinig asfalt heeft besteld en in overleg wordt dit tekort bij geproduceerd. Dit heeft normalerwijs geen of weinig invloed op het productieproces, maar dat is alleen als de installatie nog draait. Draait de installatie niet meer, dan moet de volledige installatie weer opgestart worden en dit kost zeer veel energie.

5 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel II. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel II benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeld dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

- 1. Hoe zou u de in Bijlage Tabel II benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.**
- 2. Welke factoren in Bijlage Tabel II zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.**

Bijlage Tabel II. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	3	3	Wijzigingen in planning	3	2
Type bitumen	2	1	Mengselwisselingen	3	2
Branderstand	5	3	Starts en stops	5	5
Vochtgehalte	5	5	Totale productievolume	2	2
PR-materiaal	5	5	Batchgrootte	2	2
Asfalttemperatuur	3	2	Productiedebiet	2	2

3. Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.

—

4. Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.

Ja, het plaatsen van een overkapping.

Meer rendement halen uit het te gebruiken aardgas, zoals een turbinemotor met daaraan een stoomgenerator. Hierbij creëer je warme lucht voor het drogen en tegelijk het elektrisch vermogen voor de rest van de installatie.

5. Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.

—

De enquête is hiermee ten einde. Bedankt voor het invullen. De ingevulde enquête kan bij mij worden ingeleverd op kantoor bij de APW.

A.III Enquête Laborant II

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Kwaliteitscontroleur

2 Werkmethodiek

- Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?**
 - Verantwoordelijk voor uitvoeren van vooronderzoeken (type onderzoek)
 - Beheer en wijzigen van recepten + instellingen (in overleg met menger)
 - Controle van inkomende bouwstoffen + asfalt granulaat
 - Productiecontrole
 - Controle kalibratie laboratorium apparatuur
- Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?**

Beide
- Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?**

Alles wordt bijgehouden.

3 Asfaltproductieproces

- Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?**

Op basis van planning (week/dag) bestelling aannemer. Intern wordt bepaald om zo gunstig/voordelig mogelijk met zo weinig mogelijk stops/starts te produceren.
- Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?**

Als er een nieuw recept moet komen zal er vooraf voldoende onderzoek worden verricht. Bijvoorbeeld als een recept met PR geproduceerd moet worden.
- Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?**

Goed op het vochtgehalte letten van PR en rest. Als PR vrij nat is dan zal ook de steen + zand extra hitte nodig hebben om het eindproduct op temperatuur te krijgen.
- Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?**

Vocht
- Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?**

De hoeveelheid PR. 30-40% in deklagen en 50-60% in onderlagen.

6. **Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?**
Het vochtpercentage van de PR.
7. **Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?**
Draaisnelheid. Minder PR toevoegen als deze te nat is.

4 Externe invloeden

1. **Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?**
Voornamelijk voor de 4 aandeelhouders KWS, OHI, Roelofs en Dijkstra. Daarnaast zijn er nog enkele aannemers zoals Heijmans en v. Gelder.
2. **Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?**
–
3. **Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?**
Als we al stilstaan en leeg gedraaid en hierna doet een aannemer nog een nabestelling, dan kost dit enorm veel energie om vaak voor een paar ton de gehele installatie weer op te starten. Op deze tonnen zou een boete moeten zitten. Gang van zaken → Eerst overleg met chef.

5 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel III. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel III benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeldt dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

1. **Hoe zou u de in Bijlage Tabel III benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.**
2. **Welke factoren in Bijlage Tabel III zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.**

Bijlage Tabel III. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	4	2	Wijzigingen in planning	3	3
Type bitumen	4	1	Mengselwisselingen	3	3
Branderstand	5	2	Starts en stops	5	2
Vochtgehalte	5	1	Totale productievolume	4	1
PR-materiaal	4	3	Batchgrootte	4	1
Asfalttemperatuur	4	2	Productiedebiet	4	1

3. **Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.**

Regen

4. **Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.**

Overkapping PR

5. **Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.**

—

De enquête is hiermee ten einde. Bedankt voor het invullen. De ingevulde enquête kan bij mij worden ingeleverd op kantoor bij de APW.

A.IV Enquête – Menger I

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Menger

2 Werkmethodiek

1. **Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?**

Het maken van Asfalt.

2. **Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?**

Ervaring

3. **Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?**

Digitaal uitlezen

3 Asfaltproductieproces

1. **Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?**

Van fijn naar grof

2. **Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?**

Opletten

3. **Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?**

Temperatuur asfalt

Temperatuur afgas

4. **Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?**

Vocht

5. **Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?**

Heeft extra aandacht nodig, 2 droogtrommels

6. **Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?**

Buitentemperatuur

Vocht in mineralen

7. **Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?**

Laadschop

4 Externe invloeden

1. Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?

Diverse.

2. Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?

Geen.

3. Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?

Heel veel energie

5 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel IV. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel IV benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeldt dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

1. Hoe zou u de in Bijlage Tabel IV benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.
2. Welke factoren in Bijlage Tabel IV zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.

Bijlage Tabel IV. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	2	2	Wijzigingen in planning	5	5
Type bitumen	2	2	Mengselwisselingen	5	3
Branderstand	2	3	Starts en stops	5	5
Vochtgehalte	5	5	Totale productievolume	1	1
PR-materiaal	5	5	Batchgrootte	2	2
Asfalttemperatuur	3	2	Productiedebiet	2	2

3. Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.

—

4. Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.

Betere afwatering materiaal vakken

PR droog en overkappen

Materiaal van bovenaf pakken

5. Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.

Mondelinge aanvulling:

Belangrijkste voor het gasverbruik is het vochtgehalte. Wanneer het aggregaat nat is, kost het ontzettend veel energie om het droog te krijgen. Voor de steenslag is dit minder belangrijk, omdat dit snel droogt. Zand droogt minder snel, maar is ook relatief snel droog in vergelijking met het PR-materiaal. Met name het PR-materiaal is bijna niet droog te krijgen en kost heel veel energie. Wanneer het vochtpercentage met 1% stijgt kost dit al heel veel gas. In sommige gevallen moet de branderstand met 10 tot 20 procent omhoog.

Alle andere factoren zijn ruimschoots van ondergeschikt belang in vergelijking met vocht en PR-materiaal als het om het reduceren van het gasverbruik gaat. Het opstarten van de installatie kost veel energie maar is noodzakelijk. Als het gaat om kwaliteit asfalt is het een ander verhaal. In zo'n geval heeft elk type mengsel zijn eigen aandacht nodig. Om dit allemaal goed te begrijpen en uit te voeren is veel ervaring nodig.

A.V Enquête – Menger II

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Operator

2 Werkmethodiek

1. Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?

Mijn functie is het aansturen en controleren van het productieproces om zo verschillende asfaltrecepten in overleg met asfaltuitvoerders te produceren. Daarnaast weeg en laad ik de vrachtauto's. Mijn taken hierbij zijn: controle productieproces, overleg met uitvoerders, aansturen laadschopmachinist, overleg met monteurs. Bij het wegen en laden van de auto's moet ik de kentekens ingeven en de daarbij behorende gegevens t.a.v. het soort asfalt en waar het naartoe gaat. Ook heb ik contact met uitvoerder over wanneer/welk asfalt.

2. Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?

Ik voer mijn taken uit op basis van ervaring. Ik doe dit werk ruim 20 jaar en daarvoor heb ik ook bij een asfaltploeg bij de weg gewerkt, zodat ik aardig weet hoe het daar toegaat. Hierdoor weet ik ook wanneer men aan welke soort asfalt toe is, zodat ik tussendoor bijv. een andere soort asfalt voor een andere asfaltploeg kan produceren.

3. Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?

Gegevens van ieder mengsel worden digitaal bijgehouden. Ook de hoeveelheden worden digitaal maar ook schriftelijk bijgehouden. Over het algemeen worden alle gegevens die voor de APW van belang zijn digitaal vastgelegd, zowel in de productiecomputer als in de weegcomputer.

3 Asfaltproductieproces

1. Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?

Eén keer per week wordt er een weekplanning gemaakt op basis van wat er door de aannemers wordt aangereikt. Het liefst voor meerdere weken. Naar aanleiding van de planning wordt er dagelijks een planning gemaakt in overleg met desbetreffende uitvoerders, die dan de juiste hoeveelheden en laadtijden doorgeven.

2. Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?

De invloed kan heel groot zijn, maar ook heel klein. Meestal wordt 's morgens begonnen met de productie van asfalt zonder recycling (PR) materiaal en als er dan overgegaan wordt naar asfalt met PR-materiaal dan moet er naar veel hogere temperaturen worden toegewerkt. Ook de opstart van de PR-installatie vergt extra aandacht. Als er tijdens de productie van asfalt met PR-materiaal overgegaan wordt van de ene soort naar een andere dan is de invloed niet zo groot.

Handelingen zijn:

- Van te voren de juiste opdracht ingeven in de PC. Zowel productie van asfalt als het doseren van diverse materialen vanuit de doseurs.
- Ook van te voren de laadschopmachinist inseinen dat er een mengselwisseling aankomt.
- Het proces goed in de gaten houden i.v.m. temperatuurschommelingen.
- Op het juiste moment overschakelen met doseur instellingen.

3. Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?

Er wordt gelet op of het juiste materiaal wordt aangevoerd en of je een constante temperatuur kunt handhaven. Je dus constant de gegevens die op het scherm zichtbaar zijn in de gaten houden en zo nodig ingrijpen.

4. Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?

Belemmerende factoren zijn:

- Vochtgehalte mineralen
- Niet genoeg siloruimte hebben om het asfalt in te doen
- Een asfaltploeg die 's morgens niet op gang komt

5. Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?

Deels heb ik dat al beschreven bij vraag 3.2. Er moet in het schone (witte) materiaal met hogere temperaturen worden gewerkt om toch een goede asfalt temperatuur te verkrijgen. Als extra handeling is het aansturen van de PR-installatie. Dus je moet dan twee installaties in de gaten houden.

6. Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?

Grootste factor is het vochtgehalte, maar ook een constante aanvoer van mineralen (wit) en PR-materiaal is van groot belang. Bijvoorbeeld de laadschopmachinist moet erom denken dat hij het materiaal niet van de grond afpakt maar bijvoorbeeld net 20 cm hoger, dit is droger.

7. Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?

Door de materialen hoger op te pakken. Door bijvoorbeeld e materialen, zowel schoon als PR, te overkappen kan men het vochtgehalte behoorlijk beïnvloeden.

4 Externe invloeden

1. Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?

In principe produceren wij voor 4 aandeelhouders, maar deze aandeelhouders kunnen ook weer leveren aan collega aannemers met bijvoorbeeld afhaalcontracten.

2. Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?

Dit is een vraag voor de chef APW.

3. Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?

Als het een nabestelling is terwijl de installatie nog in productie is, zal hier gehoor aan worden gegeven. Als dit om een mengsel gaat die op het moment niet geproduceerd wordt zal de nabesteller moet wachten tot het uitkomt dit ook i.v.m. vermengingen van verschillende mineralen. Mocht de nabestelling komen wanneer de installatie al stilstaat, dan wordt er hoogstwaarschijnlijk niet aan meegewerkt of de nood moet heel hoog zijn en aangetoond. Een opstart is namelijk heel duur.

5 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel V. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel V benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeldt dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

1. Hoe zou u de in Bijlage Tabel V benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.

2. Welke factoren in Bijlage Tabel V zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.

Bijlage Tabel V. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	4	3	Wijzigingen in planning	3	3
Type bitumen	2	1	Mengselwisselingen	3	3
Branderstand	5	4	Starts en stops	4	4
Vochtgehalte	5	5	Totale productievolume	2	2
PR-materiaal	4	5	Batchgrootte	1	1
Asfalttemperatuur	5	5	Productiedebiet	3	3

3. **Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.**

De factoren die genoemd zijn, zijn voor mij de bekendste.

4. **Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.**

Mijn ideeën zijn:

- Het overkappen van materialen zowel schoon als PR. Maar de PR is voor mij het belangrijkste.
- Nader onderzoek naar of de asfalttemperatuur naar beneden kan.

5. **Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.**

Op dit moment geen.

De enquête is hiermee ten einde. Bedankt voor het invullen. De ingevulde enquête kan bij mij worden ingeleverd op kantoor bij de APW.

A.VI Enquête – Chef APW

1 Inleidende vragen

Naam: *****

Functie: Chef AMI

2 Werkmethodiek

1. **Hoe zou u uw functie binnen de APW omschrijven en welke taken zijn hier aan verbonden?**

-Van alles-

Taken: Inkoop, planning, personeelsbeleid, kwaliteit, techniek

2. **Voert u uw taken uit op basis van ervaring of volgt u hierbij een vast protocol?**

Ervaring en vast protocol wanneer het om de planning gaat.

3. **Welke gegevens worden gedurende uw werkzaamheden digitaal en/of schriftelijk bijgehouden? Zijn er ook gegevens die wel bijgehouden kunnen worden, maar niet worden vastgelegd?**

Gas + elektra + gasolie → in verbruik/ton asfalt

3 Asfaltproductieproces

1. **Op basis waarvan wordt de productieplanning opgesteld en welke invloed heeft dit op het productieproces?**

Aan de hand van week-termijnplanning wordt het productieplan opgesteld.

2. **Wat is de invloed van een mengselwisseling op het productieproces en welke handelingen zijn hieraan verbonden?**

Bij vele wisselingen gemiddelde tonnen per uur minder

Kwaliteit

Meer energie verbruik

3. **Waar wordt op gelet tijdens het drogen en mengen van het asfalt en hoe wordt naar deze handelingen gehandeld?**

Vochtgehalte mineraal wordt ingeschat

Temperaturen droogproces

Temperaturen gereed product

4. **Wat zijn belemmerende factoren voor de productiesnelheid van het asfalt?**

Vocht & type asfalt

5. **Wat is de invloed van mengsels waarin PR-materiaal is verwerkt op het productieproces? Zijn hier extra handelingen aan verbonden en zo ja, welke?**

Als het ware loopt er een 2^e installatie parallel mee

PR-percentages is capaciteit/uur beïnvloedbaar

6. **Zijn er nog andere factoren die van belang zijn gedurende het productieproces en hoe wordt hier rekening mee gehouden?**

Bestellingen

7. **Welke van de in vraag 3.1 t/m 3.6 benoemde factoren zijn beïnvloedbaar voor en/of tijdens het productieproces?**

Bij opstellen termijnplanning probeer ik zoveel mogelijk te optimaliseren

4 Externe invloeden

1. **Voor welke partijen wordt asfalt geproduceerd bij de APW?**

Aandeelhouders & diverse aannemers

2. **Hoe groot is de invloed van externe partijen met in het bijzonder de aandeelhouders op de bedrijfsvoering van de APW?**

Vraag naar asfalt heeft veel invloed

Planning i.v.m. kleine of grote orders.

3. **Welke gang van zaken is van toepassing bij een nabestelling en hoe beïnvloedt dit het productieproces?**

Kleiner dan 100 ton wordt niet opgestart of moet een deklaag zijn wat dicht moet.

5 CO₂-uitstoot reduceren

In de literatuur zijn factoren ondervonden welke invloed hebben op de CO₂-uitstoot binnen het asfaltproductieproces. Deze factoren staan weergegeven in Bijlage Tabel VI. Verder is er een toelichting op de in Bijlage Tabel VI benoemde factoren bijgevoegd als bijlage.

Omdat de literatuur vermeldt dat de CO₂-uitstoot rechtstreeks te koppelen is aan het gasverbruik, gaan de onderstaande vragen over de invloed van factoren op het gasverbruik i.p.v. de CO₂-uitstoot.

1. **Hoe zou u de in Bijlage Tabel VI benoemde factoren beoordelen op basis van uw vermoedens over de invloed van deze factoren op het gasverbruik? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine invloed aanduidt en 5 een grote invloed. Vul de cijfers in, in kolom 5.1.**
2. **Welke factoren in Bijlage Tabel VI zijn volgens u voor verbetering vatbaar, zodat er minder gas verstoekt hoeft te worden? Geef cijfers tussen de 1 en 5 waarbij 1 een kleine of geen verbeteringsmogelijkheid aanduidt en 5 een grote verbeteringsmogelijkheid. Vul de cijfers in, in kolom 5.2.**

Bijlage Tabel VI. Parameters die invloed uitoefenen op het gasverbruik binnen het asfaltproductieproces.

Parameter	5.1	5.2	Parameter	5.1	5.2
Type mengsel	4	1	Wijzigingen in planning	4	5
Type bitumen	1	1	Mengselwisselingen	5	5
Branderstand	5	1	Starts en stops	5	5
Vochtgehalte	5	5	Totale productievolume	3	5
PR-materiaal	5	5	Batchgrootte	1	1
Asfalttemperatuur	5	2	Productiedebiet	4	5

3. **Vermoedt of weet u nog andere factoren die het gasverbruik gedurende het asfaltproductieproces beïnvloeden? Zo ja, benoem deze factoren en beantwoord ook voor deze factoren vraag 5.1 en 2.**

—

4. **Heeft u zelf ideeën aangaande het reduceren van de CO₂-uitstoot binnen de APW? Denk bijvoorbeeld aan mogelijke maatregelen.**

Overkapping PR-materiaal

Restwarmte terugwinnen

Laag temperatuur asfalt

5. **Indien u nog andere zaken weet die mogelijk relevant zijn voor mijn onderzoek, maar niet naar voren zijn gekomen in bovenstaande vragen dan kunt u die op de achterzijde van dit blad noteren.**

—

B. Bijlage – Toelichting enquête

Type mengsel: Er bestaan veel verschillende typen mengsels met stuk voor stuk andere specificaties. Zij verschillen voornamelijk op basis van samenstelling in grondstoffen. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van de gevolgen van een ander type mengsel voor het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Type bitumen: Bitumen bestaan in veel soorten en maten. Met name de temperatuur benodigd om de bitumen vloeibaar te krijgen verschilt. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het effect van het gebruikte type bitumen op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Branderstand: Gedurende het verwarmen van de aggregaten en het PR-materiaal kan de brander van de droogtrommel op verschillende standen worden ingesteld. Een goede instelling zorgt ervoor dat het materiaal droog en op een juiste temperatuur uit de droogtrommel komt. Omdat de brander flexibel is in te stellen afhankelijk van de condities waarin het materiaal zich bevindt, is een kleine foutmarge gebruikelijk. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het effect van een te hoge brander-instelling op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Vochtgehalte: Het vochtgehalte van de aggregaten en PR-materiaal is belangrijk voor het productieproces. Om de verschillende componenten van asfalt te mengen moeten de materialen eerst droog zijn. Het droogmaken van de materialen gebeurt in de droogtrommel waarin het materiaal verwarmd wordt om zodoende het vocht eruit te stoken. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op de gevolgen van het vochtgehalte voor het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

PR-materiaal: Omdat verduurzaming een belangrijk hedendaags thema is geworden, is het tegenwoordig gebruikelijk om gerecycled freesasfalt in het asfaltmengsel te verwerken. Dit zogenoemde PR-materiaal wordt in een aparte droogtrommel (paraleltrommel) verwarmd. Wanneer wordt gestookt met PR-materiaal moet het witte materiaal echter een hogere temperatuur hebben omdat anders de eindtemperatuur niet toereikend is. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt ten gevolge van het bijmengen van PR-materiaal.

Asfalttemperatuur: De verwerkbaarheid van asfalt op de bouwplaats is afhankelijk van de temperatuur. Dit om spoor- of scheurvorming te voorkomen. Voor de asfaltcentrale betekent dit dat het asfalt een bepaalde temperatuur moet hebben nadat deze is geproduceerd. Wanneer het asfalt in het voren wordt geproduceerd en/of over een lange afstand getransporteerd wordt, koelt het mengsel af en is een hogere eindtemperatuur nodig. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt ten gevolge van de benodigde asfalttemperatuur.

Wijzigingen in planning: Door toedoen van onvoorziene factoren, zoals een nabestelling, kan het zijn dat er een wijziging moet worden doorgevoerd in de planning. Soms kan deze wijziging worden ingepast in de bestaande planning en in andere gevallen niet. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het effect van een gemiddelde planningswijziging op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Mengselwisselingen: Tijdens het asfaltproductieproces worden meerdere mengsels na elkaar geproduceerd. Wanneer een mengselwisseling plaatsvindt heeft dit gevolgen voor de continuïteit in het proces. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het effect van zo'n wisseling op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Starts en stops: Bij het opstarten van de asfaltproductie-installatie is veel brandstof nodig om de installatie op temperatuur te krijgen. Wanneer de installatie door omstandigheden niet continu kan draaien en tussentijds wordt stopgezet waarna vervolgens weer moet worden opgestart, kost dit extra brandstof. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het effect van een dergelijke onderbreking op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

Totale productievolume: Aan de hand van de binnengekomen orders wordt een bepaald volume asfalt geproduceerd. Wanneer grote hoeveelheden asfalt achtereenvolgens geproduceerd worden is dit gunstig voor de continuïteit van het productieproces. De continuïteit is belangrijk, omdat dan rendabeler gestookt kan worden. De invloed van deze parameter kan worden beoordeeld op basis van het effect van het totale productievolume op een dag op het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt.

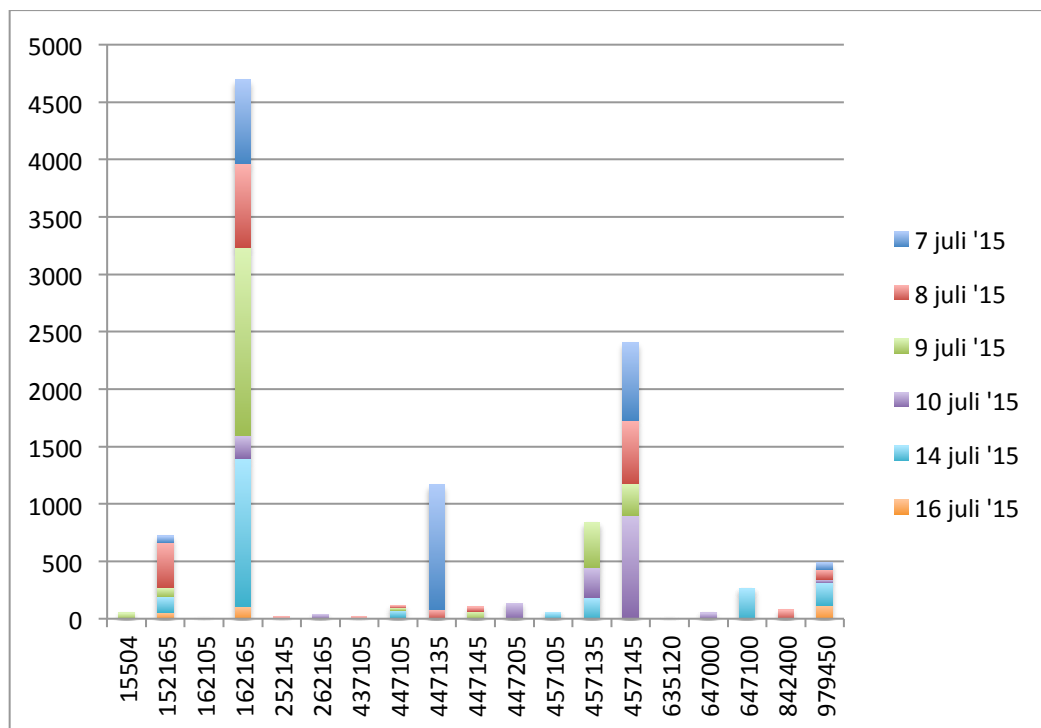
Batchgrootte: Net als bij het totale productievolume heeft ook de batchgrootte invloed op de continuïteit van het asfaltproductieproces. Door achtereenvolgens veel van hetzelfde mengsel te draaien is de centrale niet onderhevig aan mengselwisselingen en andere wisselvalligheden. Ook blijft de warmte in de droogtrommel constanter waardoor minder gas verloren gaat door temperatuurschommelingen. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt ten gevolge van de batchgroottes.

Productiedebiet: De literatuur veronderstelt dat het productiedebiet invloed heeft op het gasverbruik. Dit heeft voor een groot deel te maken met de tijd dat aggregaten zich in de droogtrommel bevinden. Als de aggregaten langer in de droogtrommel zitten, dan is dit inherent aan een langere periode dat de brander aanstaat. De invloed van deze factor kan worden beoordeeld op basis van het gemiddelde gasverbruik per ton asfalt ten gevolge van het productiedebiet.

C. Bijlage – Kleurencodering mengsels

Om in de uitwerkingen van de observaties overzichtelijk te maken welk mengsel op welk tijdstip wordt geproduceerd en wanneer een overgang plaatsvindt, is gewerkt met een kleurcodering. Deze is in onderstaande tabel terug te vinden.

Mengselcodes	Mengselbenaming	Totale productie
15504	AC 16 Base 10/20 MG	50,5
152165	AC 16 Base 35/50	720,7
162105	AC 22 Base 35/50	6,2
162165	AC 22 Base 40/60	4697,1
252145	AC 16 Bind TDL 35/50	16
262165	AC 22 Bind 40/60	40
437105	AC 8 Surf 40/60	16,2
447105	AC 11 Surf 40/60	116,4
447135	AC 11 Surf 50/70	1165
447145	AC 11 Surf 35/50	104
447205	AC 11 Surf 40/60 (vulcom)	136,6
457105	AC 16 Surf 40/60	56,2
457135	AC 16 Surf 50/70	835,8
457145	AC 16 Surf 35/50	2405,6
635120	SMA-NL 8B PMB 45A	4,2
647000	SMA-NL 11A 70/100	50,3
647100	SMA-NL 11B 70/100	260,5
842400	SMA-NL 11A 70/100 Rood 3% pigm.	76,5
979450	Waterbouwasfalt 0/22	489,5

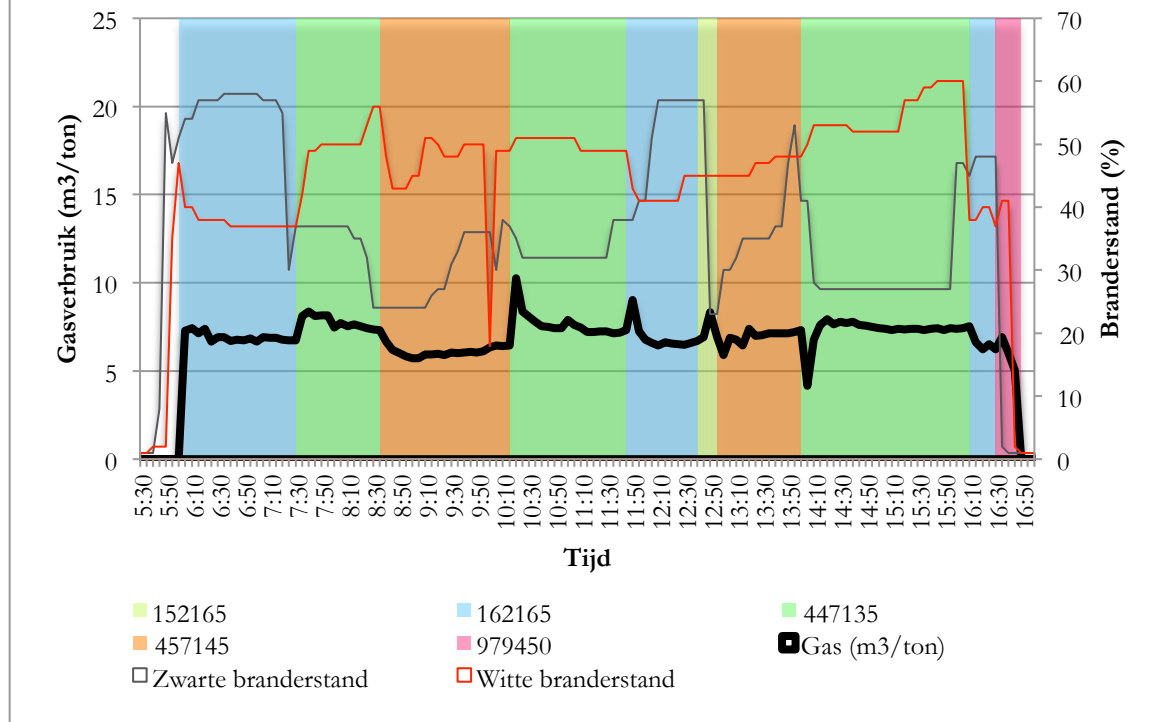


D. Bijlage - Uitwerking observaties 07-07-2015

Datum:	07-07-15 (tabel 1)					
Mengselcode	162165	447135	457145	447135	162165	152165
Batchgrootte (ton)	403,5	263,4	407,3	339	246	56
Productietijd (uur)	1:27:00	1:02:00	1:44:00	1:27:00	0:57:00	0:14:00
Debiet (ton/uur)	278,28	254,90	234,98	233,79	258,95	240,00
Vochtgehalte wit materiaal (%)	3,40	3,20	2,70	3,20	3,40	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	3,10	2,10	2,30	2,10	3,10	-
PR-percentage (%)	60	30	40	30	60	60
Gemiddelde witte branderstand (%)	38	34	46	49	42	45
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	54	50	30	33	52	34
Eindtemperatuur (°C)	161	156	156	156	171	185
Aanbevolen temperatuur (°C)	150	150	150	150	150	150
Gasverbruik (m ³)	2674	1947	2625	2459	1665	382
Gasverbruik per ton (m ³ /ton)	6,63	7,39	6,44	7,25	6,77	6,82

Datum	07-07-15 (tabel 2)			
Mengselcode	457145	447135	162165	979450
Batchgrootte (ton)	268,5	482	84,4	60,4
Productietijd (uur)	1:08:00	2:06:00	0:20:00	0:15:00
Debiet (ton/uur)	236,91	229,52	253,20	241,60
Vochtgehalte wit materiaal (%)	2,70%	3,20%	3,40%	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	2,30%	2,10%	3,10%	-
PR-percentage (%)	40%	30%	60%	44%
Gemiddelde witte branderstand (%)	47	54	39	41
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	37	30	48	48
Eindtemperatuur (°C)	165	166	173	175
Aanbevolen temperatuur (°C)	150	150	150	150
Gasverbruik (m ³)	1922	3639	526	301
Gasverbruik per ton (m ³ /ton)	7,16	7,55	6,23	4,98

Productie op 07-07-2015



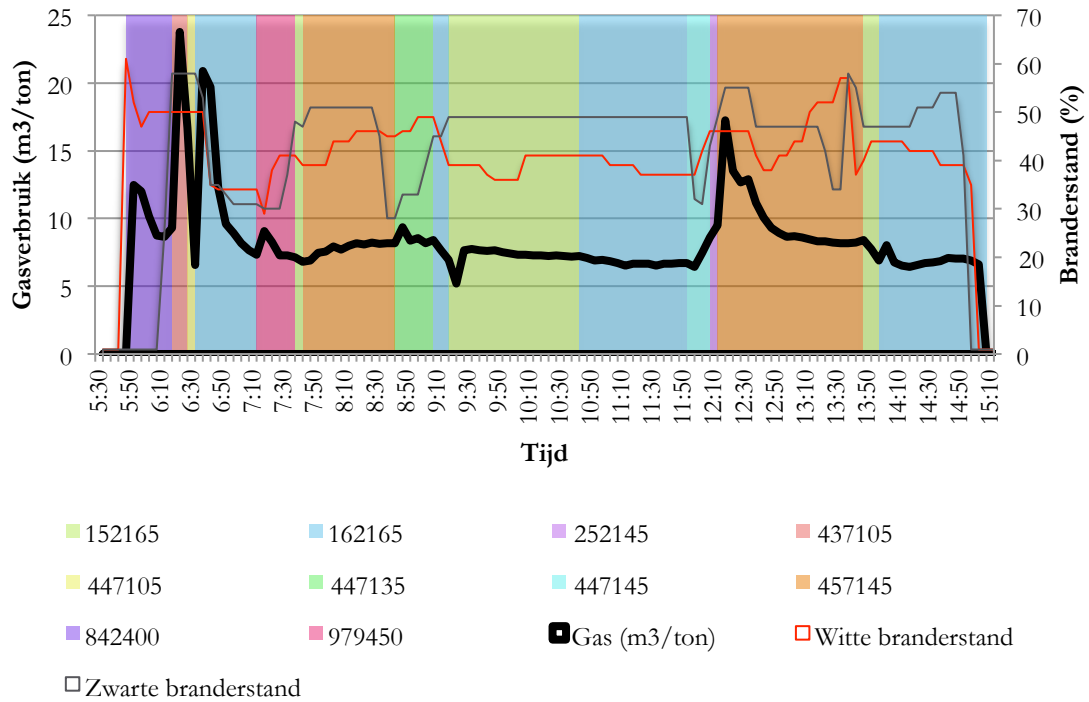
E. Bijlage - Uitwerking observaties 08-07-2015

Datum	08-07-15 (tabel 1)					
Mengselcode	842400	437105	447105	162165	979450	152165
Batchgrootte (ton)	76,5	16,2	20,2	141	84,6	16
Productietijd (uur)	0:27:00	0:11:00	0:05:00	0:37:00	0:25:00	0:04:00
Debiet (ton/uur)	170,00	88,36	242,40	228,65	203,04	240,00
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	-	-	-	-	-
PR-percentage (%)	0%	0%	0%	60%	44%	60%
Gemiddelde witte branderstand (%)	50	50	50	36	38	39
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	15	58	58	35	35	47
Eindtemperatuur (°C)	171	189	180	178	177	165
Aanbevolen temperatuur (°C)	150	155	155	155		160
Gasverbruik (m3)	748	175	133	1030	603	109
Gasverbruik per ton (m3/ton)	9,78	10,80	6,58	7,30	7,13	6,81

Datum	08-07-15 (tabel 2)					
Mengselcode	457145	447135	162165	152165	162165	447145
Batchgrootte (ton)	225	80,6	36	323	305,5	40
Productietijd (uur)	1:03:00	0:25:00	0:09:00	1:24:00	1:14:00	0:13:00
Debiet (ton/uur)	214,29	193,44	240,00	230,71	247,70	184,62
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	5,60%	-	-	-	-	-
PR-percentage (%)	40%	30%	60%	60%	60%	40%
Gemiddelde witte branderstand (%)	44	48	42	39	38	42
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	47	37	47	49	49	35
Eindtemperatuur (°C)	168	166	160	171	175	174
Aanbevolen temperatuur (°C)	160	155	155	160	155	160
Gasverbruik (m3)	1826	704	268	2341	2039	344
Gasverbruik per ton (m3/ton)	8,12	8,73	7,44	7,25	6,67	8,60

Datum	08-07-15 (tabel 3)			
Mengselcode	252145	457145	152165	162165
Batchgrootte (ton)	16	330,4	56,7	245,3
Productietijd (uur)	0:05:00	1:33:00	0:14:00	1:01:00
Debiet (ton/uur)	192,00	213,16	243,00	241,28
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	5,60%	-	-
PR-percentage (%)	40%	40%	60%	60%
Gemiddelde witte branderstand (%)	46	46	44	38
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	49	48	47	42
Eindtemperatuur (°C)	188	168	175	173
Aanbevolen temperatuur (°C)	160	160	160	155
Gasverbruik (m3)	159	2778	389	1623
Gasverbruik per ton (m3/ton)	9,94	8,41	6,86	6,62

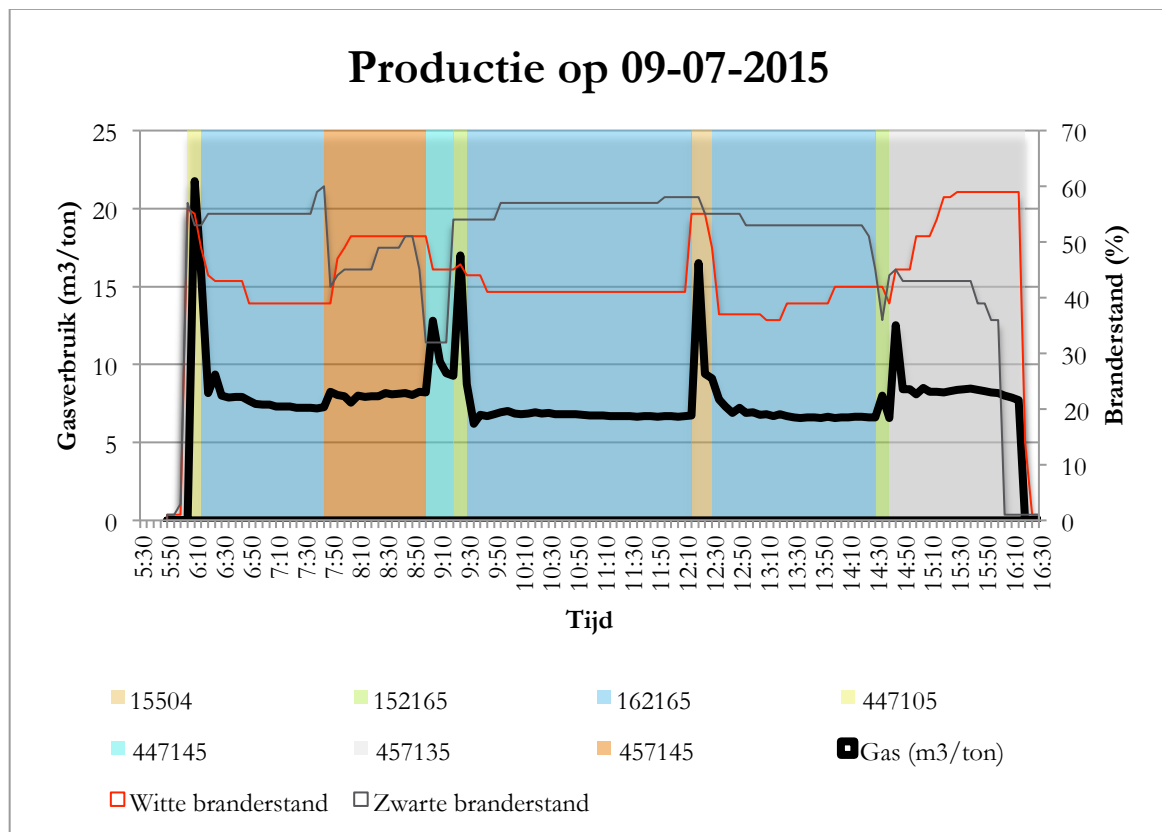
Productie op 08-07-2015



F. Bijlage - Uitwerking observaties 09-07-2015

Datum	09-07-15 (tabel 1)					
Mengselcode	447105	162165	457145	447145	152165	162165
Batchgrootte (ton)	22,5	366	273	64	24,7	756
Productietijd (uur)	0:13:00	1:31:00	1:12:00	0:19:00	0:18:00	2:48:00
Debiet (ton/uur)	103,85	241,32	227,50	202,11	82,33	270,00
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	2,90%	-	-	-	2,90%
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	3,40%	5,90%	-	-	3,40%
PR-percentage (%)	0%	60%	40%	40%	60%	60%
Gemiddelde witte branderstand (%)	52	40	50	45	45	42
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	53	56	46	38	54	57
Eindtemperatuur (°C)	179	167	162	177	175	168
Aanbevolen temperatuur (°C)	155	155	160	160	160	155
Gasverbruik (m3)	347	2706	2256	616	250	5074
Gasverbruik per ton (m3/ton)	15,42	7,39	8,26	9,63	10,12	6,71

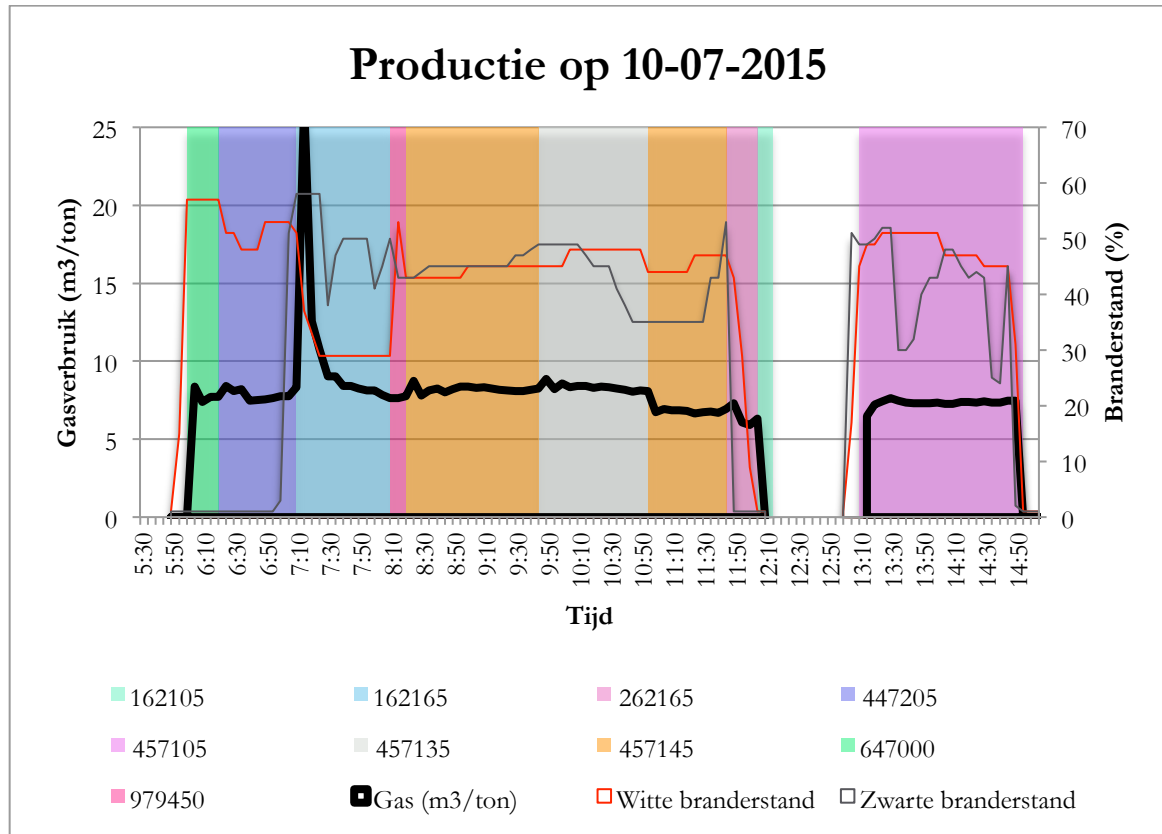
Datum	09-07-15 (tabel 2)			
Mengselcode	15504	162165	152165	457135
Batchgrootte (ton)	50,5	517,7	52	388,3
Productietijd (uur)	0:13:35	1:59:01	0:12:24	1:48:44
Debiet (ton/uur)	223,07	260,99	251,61	214,27
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	2,90%	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	3,40%	-	-
PR-percentage (%)	50%	60%	60%	30%
Gemiddelde witte branderstand (%)	53	39	41	55
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	56	53	40	35
Eindtemperatuur (°C)	183	170	180	166
Aanbevolen temperatuur (°C)		155	160	155
Gasverbruik (m3)	468	3414	348	2913
Gasverbruik per ton (m3/ton)	9,27	6,59	6,69	7,50



G. Bijlage - Uitwerking observaties 10-07-2015

Datum	10-07-15 (tabel 1)					
Mengselcode	647000	447205	162165	979450	457145	457135
Batchgrootte (ton)	50,3	136,6	200,7	30,5	306	262
Productietijd (uur)	0:15:00	0:52:50	0:59:07	0:14:00	1:20:19	1:10:26
Debiet (ton/uur)	201,20	155,13	203,70	130,71	228,60	223,19
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-	2,80%	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	-	-	-	4,20%	-
PR-percentage (%)	0%	0%	60%	44%	40%	30%
Gemiddelde witte branderstand (%)	57	51	30	48	44	47
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	1	12	50	43	45	44
Eindtemperatuur (°C)	173	178	175	167	164	162
Aanbevolen temperatuur (°C)	150	155	155		160	
Gasverbruik (m3)	388	1169	1473	236	2498	2117
Gasverbruik per ton (m3/ton)	7,71	8,56	7,34	7,74	8,16	8,08

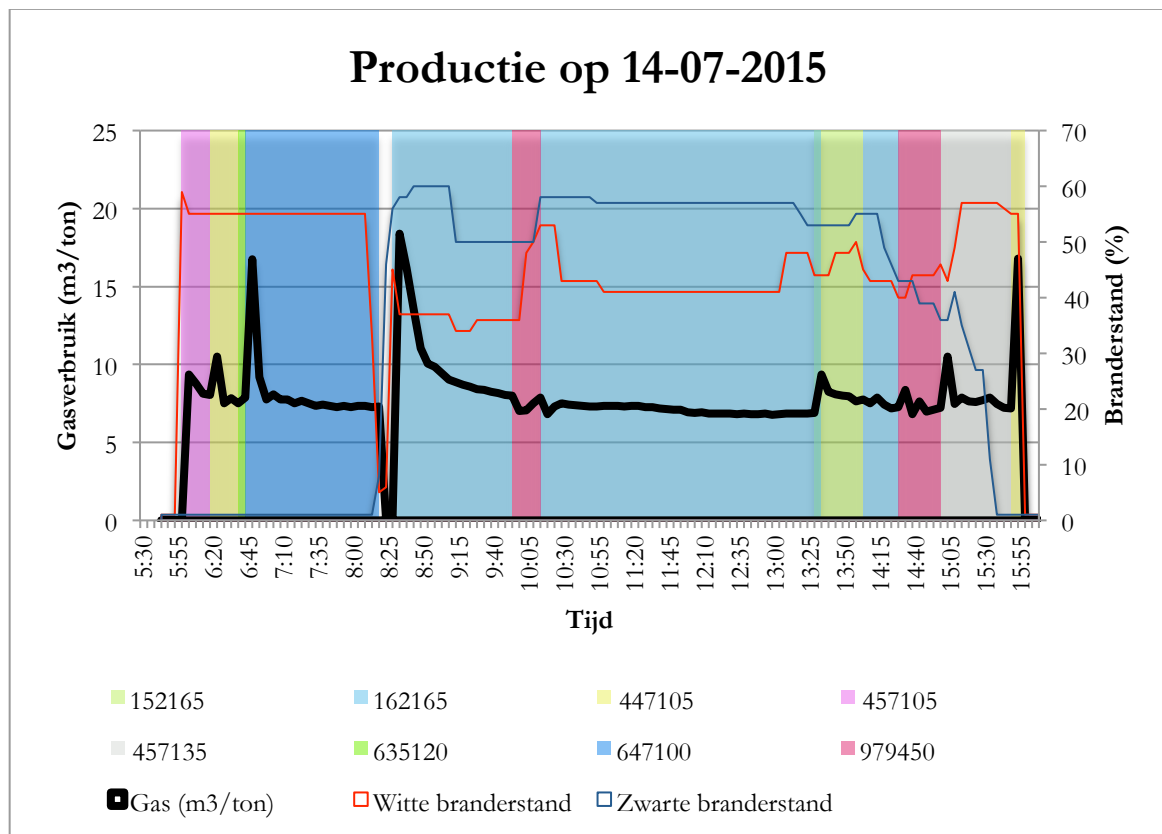
Datum	10-07-15 (tabel 2)			
Mengselcode	457145	262165	162105	457105
Batchgrootte (ton)	200,6	40	6,2	394,8
Productietijd (uur)	0:49:15	0:20:00	0:09:38	1:39:06
Debiet (ton/uur)	244,39	120,00	38,62	239,03
Vochtgehalte wit materiaal (%)	2,80%	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	4,20%	-	-	-
PR-percentage (%)	40%	60%	0%	0%
Gemiddelde witte branderstand (%)	46	20,5	1	48
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	38	1	1	39
Eindtemperatuur (°C)	160	150	124	160
Aanbevolen temperatuur (°C)		155	160	155
Gasverbruik (m3)	1394	253	17	2940
Gasverbruik per ton (m3/ton)	6,95	6,33	2,74	7,45



H.Bijlage - Uitwerking observaties 14-07-2015

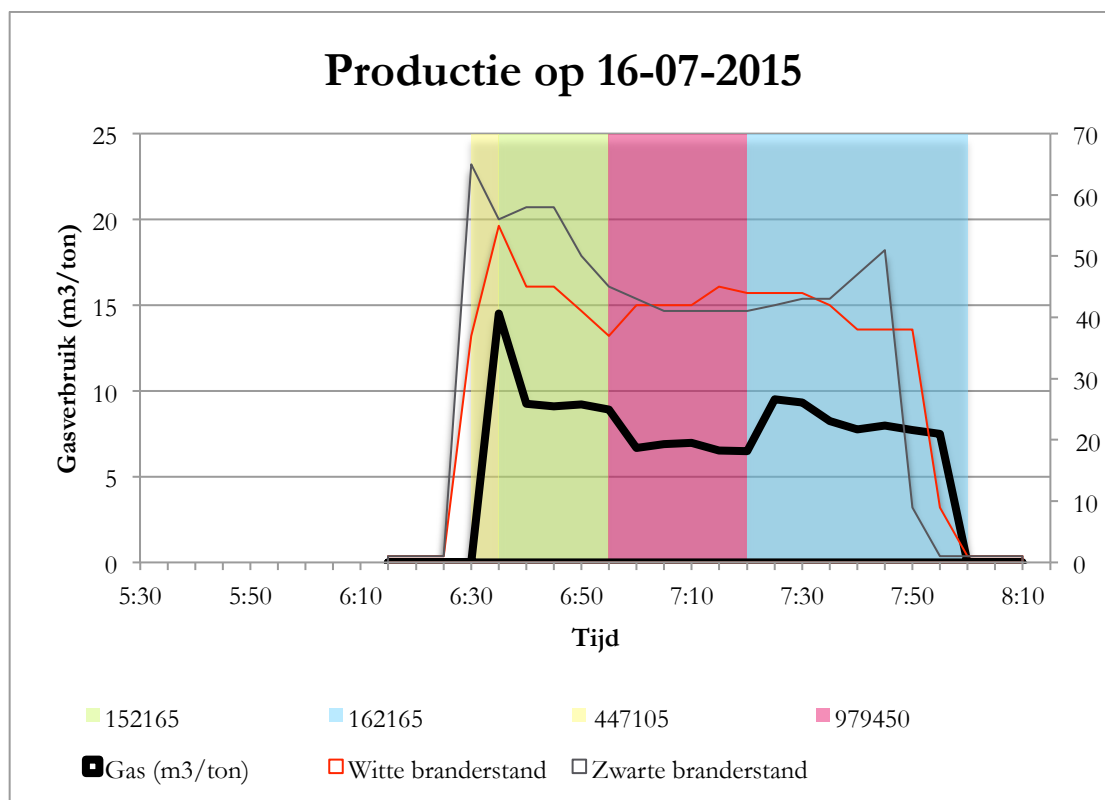
Datum	14-07-15 (tabel 1)					
Mengselcode	457105	447105	635120	647100	162165	979450
Batchgrootte (ton)	56,2	59	4,2	260,5	320	76
Productietijd (uur)	0:21:15	0:21:57	0:01:43	1:36:19	1:26:12	0:20:31
Debiet (ton/uur)	158,68	161,28	146,80	162,28	222,74	222,26
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-	3,11%	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	-	-	-	3,22%	-
PR-percentage (%)	0%	0%	0%	0%	60%	44%
Gemiddelde witte branderstand (%)	55	55	55	51	36	47
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	1	1	1	1	54	52
Eindtemperatuur (°C)	179	178	179	179	168	165
Aanbevolen temperatuur (°C)	155	155		150	155	
Gasverbruik (m3)	444	488	33	1884	2563	608
Gasverbruik per ton (m3/ton)	7,90	8,27	7,86	7,23	8,01	8,00

Datum	14-07-15 (tabel 2)					
Mengselcode	162165	152165	162165	979450	457135	447105
Batchgrootte (ton)	855	136	112	120	185,5	2,5
Productietijd (uur)	3:15:42	0:33:28	0:26:49	0:30:48	0:47:29	0:03:01
Debiet (ton/uur)	262,14	243,82	250,59	233,77	234,40	49,72
Vochtgehalte wit materiaal (%)	3,11%	-	3,11%	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	3,22%	-	3,22%	-	-	-
PR-percentage (%)	60%	60%	60%	44%	30%	0%
Gemiddelde witte branderstand (%)	43	47	42	44	55	55
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	57	54	50	40	21	1
Eindtemperatuur (°C)	168	172	176	177	163	188
Aanbevolen temperatuur (°C)	155	160	150		155	155
Gasverbruik (m3)	5869	1049	794	855	1272	42
Gasverbruik per ton (m3/ton)	6,86	7,71	7,09	7,13	6,86	16,80



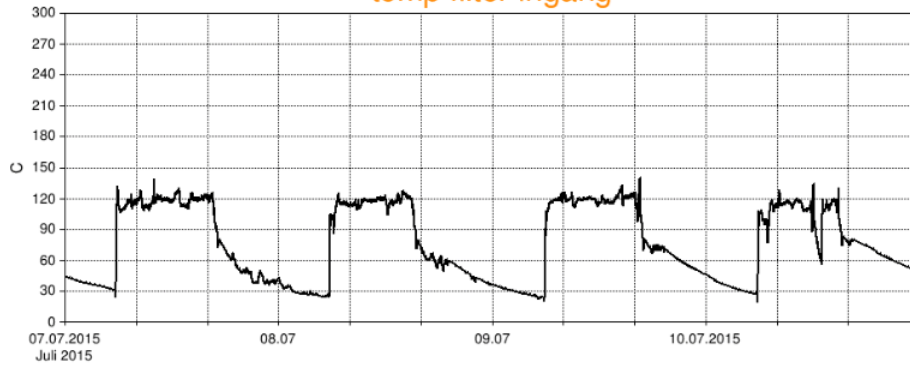
I. Bijlage - Uitwerking observaties 16-07-2015

Datum	16-07-15			
Mengselcode	447105	152165	979450	162165
Batchgrootte (ton)	12,2	56,3	118	108
Productietijd (uur)	0:06:08	0:16:27	0:28:00	0:31:00
Debiet (ton/uur)	119,35	205,35	252,86	209,03
Vochtgehalte wit materiaal (%)	-	-	-	-
Vochtgehalte zwart materiaal (%)	-	-	-	-
PR-percentage (%)	0%	60%	44%	60%
Gemiddelde witte branderstand (%)	55	42	43	36
Gemiddelde zwarte branderstand (%)	56	53	41	34
Eindtemperatuur (°C)	168	166	174	173
Aanbevolen temperatuur (°C)	155	160		155
Gasverbruik (m3)	216	499	771	808
Gasverbruik per ton (m3/ton)	17,70	8,86	6,53	7,48

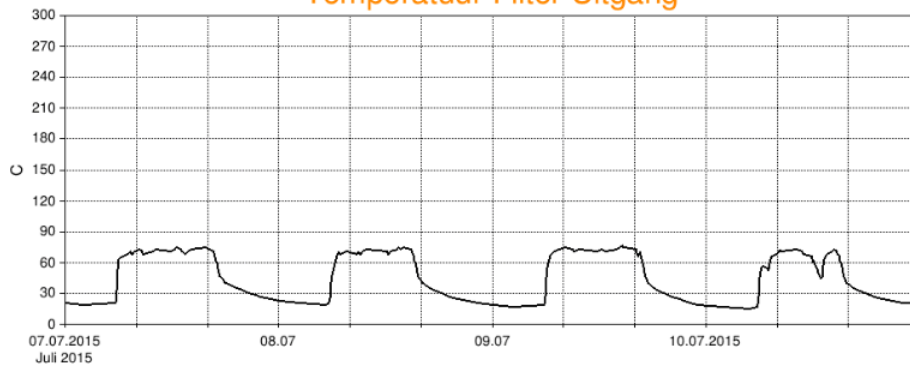


J. Bijlage – Temperatuur in- en uitgang filter

temp filter ingang



Temperatuur Filter Uitgang



temp filter ingang



Temperatuur Filter Uitgang

