

Kostenreductie bij de Asfalt Centrale Hengelo

De gevolgen van operationele keuzes voor het gasverbruik

Rapport Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek



Christiaan G. Arbeider (s1234854)

Bachelor Civiele Techniek

Universiteit Twente

Juli 2014

Begeleiders Universiteit Twente:
dr.ir. S.R. Miller en ir. F.R. Bijleveld

**UNIVERSITEIT
TWENTE.**

Colofon

Titel: Kostenreductie bij de Asfalt Centrale Hengelo

Subtitel: De gevolgen van operationele keuzes voor het gasverbruik

Status: Openbaar

Versie: Eindrapport

Pagina's: 43 (83 incl. bijlagen)

Bron afbeelding voorblad:

<http://www.tww.nl/content/pages/3179392704977738390f1e24b65bd71692ec1c23.jpg>

Datum: 23-07-2014

Auteur: Christiaan G. Arbeider

Studentnummer: s1234854

E-mail: c.g.arbeider@student.utwente.nl

Onderwijsinstelling: Universiteit Twente

Faculteit: Construerende Technische Wetenschappen (CTW)

Opleiding: Bachelor Civiele Techniek

Stagebedrijf: Asfalt Centrale Hengelo bv

Adres: Havenstraat 1, 7553 GG Hengelo

Begeleider Asfalt Centrale Hengelo: J. van der Spiegel

Begeleiders Universiteit Twente: dr.ir. S.R. Miller en ir. F.R. Bijleveld

Tweede beoordelaar Universiteit Twente: ing. K.M. van Zuilekom

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van mijn onderzoek naar het energiegebruik bij asfaltproductie en de mogelijkheden voor kostenreductie bij de Asfalt Centrale Hengelo. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de Bachelor Eindopdracht van de opleiding Civiele Techniek aan Universiteit Twente. Gedurende elf weken is met veel plezier bij de asfaltcentrale in Hengelo aan het onderzoek gewerkt.

Na een aantal oriëntatiegesprekken met dhr. Snellink, dhr. Dorée en dhr. Miller gevoerd te hebben over de richting/het onderwerp van het onderzoek, bleek mijn interesse uit te gaan naar een opdracht gerelateerd aan de asfaltwegenbouw. Vervolgens zijn een aantal hindernissen genomen wat betreft het vinden van een stageplaats. Dit bleek een moeizaam proces waarbij pas relatief kort voor de startdatum een definitieve plek was gevonden. Voor het vinden van stageplaats ben ik veel dank verschuldigd aan Seirgei Miller, die een groot aantal personen/bedrijven heeft benaderd om na te gaan of het mogelijk was of de Bachelor Eindopdracht bij het desbetreffende bedrijf uitgevoerd kon worden.

Doordat pas kort voor de startdatum bekend was dat de opdracht bij de Asfalt Centrale Hengelo uitgevoerd zou worden, was er weinig tijd beschikbaar voor het schrijven van het voorverslag. Uiteindelijk ben ik - naar mijn idee - toch met voldoende voorkennis begonnen aan het onderzoek.

Bij het uitvoeren van het onderzoek zijn drie personen belangrijk geweest. Dit zijn de begeleiders van de UT, Seirgei Miller en Frank Bijleveld en de begeleider van de ACH, Jeroen van der Spiegel. Seirgei en Frank hebben waardevolle aandachtspunten benoemd en mij van feedback voorzien. Door deze punten uit te werken is de inhoud van het rapport naar een kwalitatief hoger niveau gebracht. Daarnaast hebben zij mij erop gewezen om steeds kritisch naar de resultaten te blijven kijken. Ik wil hen hier dan ook voor bedanken. Jeroen heeft vooral bijgedragen aan het aanleveren van praktische informatie en tips gegeven om data efficiënter te verwerken. Ook hem wil ik danken voor zijn input voor het onderzoek en zijn doorlopende begeleiding. Tevens wil ik hem ook bedanken voor zijn inspanningen om de bij de ACH een stageplek te creëren.

Ten slotte wil ik nog het (overige) personeel van de ACH bedanken voor de fijne omgang tijdens de stageperiode. Ook zij waren bereid om zaken toe te lichten en te helpen daar waar het mogelijk was. Daarnaast toonden ze dagelijks interesse in de (tussentijdse) resultaten van mijn onderzoek en zorgden voor een prettige werksfeer.

Ik wens u tot slot veel leesplezier toe!

Christiaan Gerard Arbeider
Hengelo, juli 2014

Samenvatting

Asfalt is een belangrijk product voor de wegenbouw. Jaarlijks wordt circa 10 miljoen ton asfalt geproduceerd. Ook bij asfaltproductie gaat steeds meer aandacht uit naar een duurzaam productieproces. Reductie van CO₂-uitstoot en een beperking van het energieverbruik staan hierbij centraal. Ook de Asfalt Centrale Hengelo (ACH) streeft naar een beperking van energieverbruik. Op dit moment bestaat er weinig inzicht in de relatie tussen de werkwijze bij asfaltproductie en de gevolgen voor het energieverbruik. In dit onderzoek is specifiek gekeken naar de relatie tussen de operationele werkwijze en het gasverbruik bij de ACH. Onder de operationele werkwijze worden alle productietechnische handelingen en keuzemomenten verstaan die de operator vanuit zijn commandoruimte verricht of maakt bij het aansturen van de asfaltmenginstallatie, beginnend bij de aanvoer van grondstoffen en eindigend bij het afleveren van het gereede product in de opslagbunkers. Het doel van het onderzoek was om aan de hand van de relaties tussen de werkwijze en het gasverbruik aanbevelingen op stellen om de energiekosten bij de asfaltproductie te reduceren.

Om deze doelstelling te bereiken is eerst een literatuurstudie uitgevoerd om te achterhalen wat belangrijke parameters en processen zijn bij de asfaltproductie en wat reeds bekend is over het gasverbruik. Deze literatuurstudie is uitgebreid met resultaten uit vier afgenomen interviews met het personeel van de ACH. Uit de gevonden parameters en processen is vervolgens een selectie gemaakt. Deze geselecteerde parameters representeren de werkwijze op de molen en zijn over een periode van 3 weken geobserveerd en geregistreerd. Tegelijkertijd is tijdens de asfaltproductie met behulp van een zogenaamde timelapse-camera een video-opname gemaakt van de gasmeter. Daarna zijn de gegevens van de werkwijze en de gegevens van het gasverbruik aan elkaar gekoppeld en geanalyseerd.

De volgende parameters zijn in dit onderzoek meegenomen: stand van de twee gasbranders (trommel voor nieuw aggregaat en trommel voor recycleasfalt (PR-asfalt)), het type mengsel, het gebruik van PR-asfalt, de batchgrootte, het totale productievolume per dag, het productiedebiet (ton/uur), de asfalttemperatuur, het aantal mengselwisselingen, het aantal starts en stops en ten slotte de volgorde van de productie. Wat betreft de methode van productie kan gesteld worden dat deze voor elk type mengsel in de basis gelijk is, maar dat op basis de specifieke kenmerken (zoals de temperatuur en het volume) verschillende keuzes worden wat betreft de energietoevoer.

Wat het gasverbruik bij asfaltproductie betreft, kan gesteld worden dat per uur tussen de 950 m³ en 1550 m³ gas verbruikt wordt bij productie zonder PR-asfalt. Indien geproduceerd wordt met PR-asfalt ligt het verbruik tussen de 1550 m³ en 1800 m³ per uur. Duidelijke patronen zijn te vinden tussen de werkwijze en het gasverbruik en kunnen o.a. met behulp van trendlijnen inzichtelijk gemaakt worden. De belangrijkste bevindingen zijn dat bij het verhogen van de branderstand met 1% bijna 25 m³/uur meer gas wordt verbruikt en dat bij een productiedebiet > 135 ton/uur, een batchgrootte > 35 ton en een productieomvang per dag > 300 ton met een verbruik lager dan 10 ton/m³ geproduceerd kan worden. Significante verschillen in het gasverbruik zijn te onderscheiden tussen de verschillende typen mengsels. Verbruiken liggen tussen de 8,25 m³/ton en 12,77 m³/ton. De ACH budgetteert voor alle typen mengsels een verbruik van 9,0 m³/ton, wat dus niet voor elk type mengsel realistisch is. Het is aannemelijk dat volgorde van productie ook invloed heeft op het gasverbruik. Het verbruik lijkt af te nemen naarmate het mengsel later geproduceerd wordt. Het wisselen tussen de mengsels lijkt een beperkte invloed te hebben, omdat de aanvoer van materiaal vaak niet onderbroken wordt. Het herstarten van de installatie heeft wel grote gevolgen voor het gasverbruik. Gemiddeld wordt bijna 100 m³ gas verbruikt voordat er daadwerkelijk gestart wordt met de productie.

Om de kosten bij de asfaltproductie te reduceren wordt aanbevolen om boven de genoemde grenswaarden te produceren (productiedebiet > 135 ton/uur, batchgrootte > 35 ton, productievolume per dag > 300 ton). Tevens is het aan te bevelen om met de aandeelhoudende aannemers Twentse Wegen Waterbouw BV en Reef Infra BV de consequenties van kleine batchgroottes en productieomvang voor het gasverbruik te bespreken. Een mogelijkheid is ook om de kostprijs te bepalen op basis van de batchgrootte en een toeslag te hanteren bij een eventuele herstart van de installatie. Daarnaast is het aan te bevelen om - daar waar mogelijk - de mengsels met het hoogste verbruik als laatste te produceren. Tot slot wordt aanbevolen om een vervolgonderzoek uit te voeren dat zich richt op de mogelijkheden tot energiereductie als gevolg van het gebruik van nieuwe technieken en het vernieuwen van de asfaltmenginstallatie.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Inhoudsopgave	5
1. Inleiding	7
2. Introductie.....	8
2.1 Probleemstelling.....	8
2.2 Doelstelling.....	8
2.3 Onderzoeksvragen.....	8
2.4 Onderzoeksmethode	9
2.5 Projectkader	10
3. Literatuurstudie asfaltproductie	11
3.1 Asfaltproductieproces	11
3.2 Processen, parameters en gasverbruik	12
3.3 Conclusies literatuuronderzoek	13
4. Processen en parameters aangeven door personeel ACH	14
4.1 Interview management	14
4.2 Interview laborant	14
4.3 Interviews mengers	15
5. Operationele werkwijzen	16
5.1 Selectie voor observatie	16
5.2 Observaties energietoevoer	18
5.3 Observaties productietechnische keuzes.....	19
6. Gasverbruik bij asfaltproductie	23
6.1 Kosten gas.....	23
6.2 Gassysteem ACH.....	23
6.3 Gasverbruik als gevolg van productieproces.....	25
6.4 Gasverbruik als gevolg van product (asfaltmengsel).....	30
Conclusies.....	35
Aanbevelingen	38
Reflectie.....	40
Bibliografie	42
Bijlage A: Interviewprotocol en uitwerking.....	44

Bijlage B: Asfaltmengsels.....	50
Bijlage C: Niet geobserveerde parameters.....	52
Bijlage D: Metingen vochtgehalte	54
Bijlage E: Overzicht herleidingsfactoren	57
Bijlage F: Uitwerkingen productiedagen	58
Bijlage G: Foto's meetopstelling.....	83

1. Inleiding

Nederland kent een uitgebreid wegennet. In 2013 bedroeg de totale wegverharding in Nederland ruim 138.000 km (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2014). Veel van deze wegen hebben een asfaltverharding. Voor de wegenbouw is asfalt dus een belangrijk product. De asfaltmarkt is een belangrijke deelmarkt in de grond-, water en wegensector. Jaarlijks wordt in Nederland circa 10 miljoen ton asfalt geproduceerd, dat voor het overgrote deel in de wegenbouw verwerkt wordt (VBW-Asfalt, 2013). Het asfalt wordt in Nederland geproduceerd in circa 45 asfaltcentrales. Deze zijn verspreid over het hele land (TNO, 2006). Een van deze asfaltcentrales is de Asfalt Centrale Hengelo (ACH).

De ACH is de enige asfaltproductielocatie in de regio Twente. De centrale is eigendom van twee moederbedrijven, Reef Infra BV (onderdeel van Strukton Civiel) en de Twentse Weg- en Waterbouw BV (TWW). De centrale opereert wel zelfstandig en onafhankelijk van deze twee bedrijven. Het bedrijf telt 10 medewerkers, onderverdeeld in het management, de laboranten en de productiemedewerkers. Sinds de jaren '50 wordt er op de huidige locatie asfalt geproduceerd. De basis voor de huidige installatie stamt uit de jaren '70. Sinds de jaren '80 wordt gebruik gemaakt van recycleasfalt in het productieproces. Nu bestaat een 'nieuw' asfaltmengsel uit ongeveer 70% gerecycled asfalt. Naast de productie van asfalt houdt het bedrijf zich ook bezig met het uitvoeren van kwaliteitscontroles en het geven van voorlichting (Asfalt Centrale Hengelo, 2014).

Steeds meer wordt van bedrijven in het algemeen, en specifiek ook van asfaltcentrales, verwacht dat zij op een duurzame manier produceren. Energiebesparing en reductie van de CO₂-uitstoot zijn daarbij van groot belang. Vanuit de overheid wordt dit onder andere gereguleerd door middel van de emissiehandel. Bedrijven moeten kort gezegd kosten maken om CO₂ uit te mogen stoten. Het loont de moeite om te investeren in onderzoek hoe de energiekosten gereduceerd kunnen worden.

Tevens is het voor het bedrijf zelf interessant om de energiekosten terug te brengen en daarmee de concurrentiepositie te versterken. De meeste Nederlandse asfaltcentrales hebben tegenwoordig een forse overcapaciteit. De maximale productiecapaciteit is bijna twee keer zo groot als de momenteel benodigde productiecapaciteit (TNO, 2006). Dit dwingt de asfaltcentrales om kritisch naar het gehele productieproces te kijken om te achterhalen waar mogelijkheden liggen wat betreft kostenreductie.

Dit onderzoeksrapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 wordt het onderzoek geïntroduceerd. Aan bod komen onder andere de probleemstelling, de doelstelling, de onderzoeksvragen en de onderzoeksmethode. In hoofdstuk 3 worden de uitkomsten van de literatuurstudie genoemd, waarbij wordt ingegaan op het productieproces, relevante parameters en processen en gasverbruik bij asfaltproductie. In hoofdstuk 4 worden de belangrijke parameters en processen bij de asfaltproductie besproken zoals deze uit de interviews naar voren kwamen. In hoofdstuk 5 komt de selectie van parameters aanbod, gevolgd door de observaties van de werkwijze op de molen. In hoofdstuk 6 worden de gegevens over het gasverbruik, gekoppeld aan de werkwijze, gepresenteerd. Ten slotte volgen de conclusies, aanbevelingen, reflectie en bijlagen.

2. Introductie

In dit hoofdstuk zal het onderzoek geïntroduceerd worden. In de probleembeschrijving zal het probleem omschreven worden. Vervolgens komt de doelstelling van het onderzoek aan bod. Na de doelstelling volgen de onderzoeksvragen en de onderzoeksmethode. Ten slotte wordt het projectkader weergegeven.

2.1 Probleemstelling

Bij de asfaltproductie vormt het gasverbruik een belangrijke kostenpost voor de Asfalt Centrale Hengelo (84% van de energiekosten, 24% van de totale kosten). Het streven is om deze kosten te beperken. De ervaring en het vakmanschap van het personeel op de molen vormen vaak de basis voor de productie van het asfalt. Deze manier van werken hoeft zeker niet negatief te zijn, maar door het hanteren van deze werkwijze is er weinig bekend over de gevolgen voor het gasverbruik. Bijna 300 verschillende mengsels kunnen worden geproduceerd in verschillende hoeveelheden. Er is weinig inzicht in de relatie tussen de manier van werken op de molen en de gevolgen voor de energiekosten. Daardoor is niet bekend op welke manier eventueel de productiekosten terug te brengen zijn. De volgende probleemstelling kan geformuleerd worden:

“Het gasverbruik vormt een belangrijke kostenpost voor de asfaltcentrale, terwijl het grotendeels onduidelijk is wat de consequenties zijn van de operationele werkwijze met betrekking tot het gasverbruik.”

Onder de operationele werkwijze worden alle productietechnische handelingen en keuzemomenten verstaan die de operator vanuit zijn commandoruimte verricht of maakt bij het aansturen van de asfaltmenginstallatie, beginnend bij de aanvoer van grondstoffen en eindigend bij het afleveren van het gereede product in de opslagbunkers.

2.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in de relatie tussen de werkwijze op de molen en de gevolgen voor het energieverbruik en daarmee een deel van de kosten van de asfaltproductie. Door de gegevens van de werkwijzen en het energieverbruik aan elkaar te koppelen en te analyseren kunnen patronen worden blootgelegd. Op basis hiervan kunnen aanbevelingen gedaan worden voor de (toekomstige) operationele keuzen. Deze moeten dan uiteindelijk leiden tot een kostenreductie van de asfaltproductie bij de ACH. Concreet gesteld:

“Het doel van het onderzoek is om tot aanbevelingen voor de ACH te komen om de energiekosten bij de asfaltproductie te reduceren door inzicht te krijgen in de relatie tussen de werkwijze op de molen en de consequenties voor het energieverbruik.”

2.3 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de probleemstelling en doelstelling kan de volgende hoofdvraag opgesteld worden:

“Hoe wordt het gasverbruik beïnvloed door de werkwijze bij de asfaltproductie en waar liggen mogelijkheden, gegeven de huidige installatie, om de kosten te reduceren?”

De hoofdvraag kan worden opgedeeld in de volgende deelvragen:

1. Wat is in de literatuur bekend over de asfaltproductie?

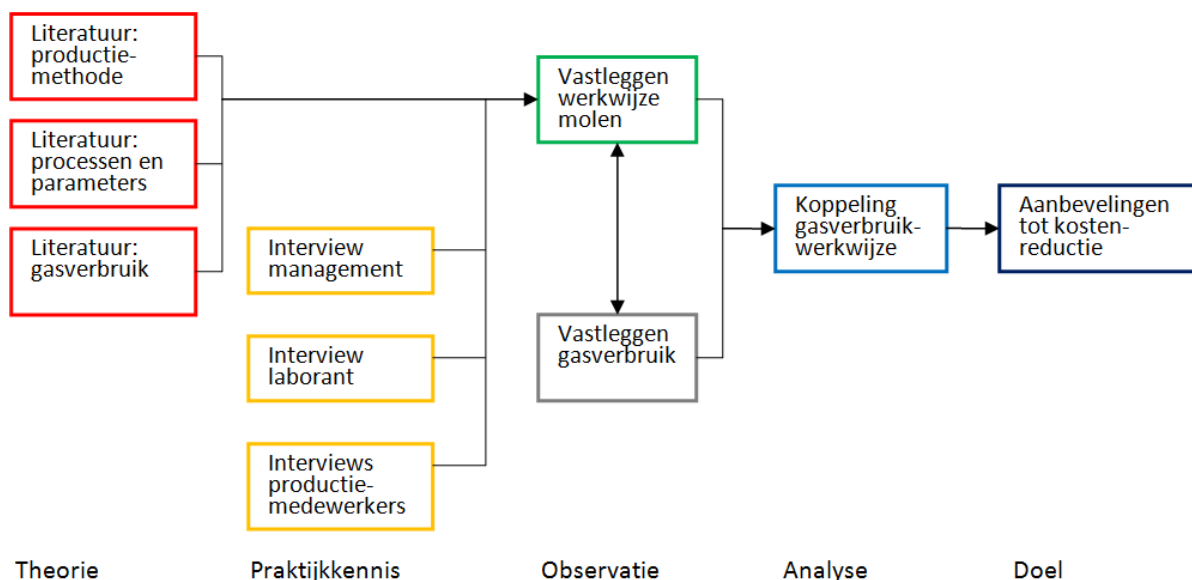
1.1 Op welke manier wordt asfalt geproduceerd?

1.2 Welke processen/parameters zijn relevant bij de asfaltproductie?

- 1.3 Wat is bekend over het gasverbruik bij asfaltproductie?
2. Welke processen en parameters, met het oog op kostenreductie, acht het personeel van de ACH relevant?
 - 2.1 Welke processen/parameters acht het management relevant?
 - 2.2 Welke processen/parameters acht de laborant relevant?
 - 2.3 Welke processen/parameters acht het uitvoerend personeel relevant?
3. Welke operationele werkwijze hanteert men voor deze processen en parameters?
 - 3.1 Welke keuzes maakt men wat betreft de energietoevoer?
 - 3.2 Welke keuzes maakt men productietechnisch gezien?
4. Welke gevolgen hebben de operationele keuzes voor het energieverbruik?
 - 4.1 Wat zijn de gevolgen voor het gasverbruik als gevolg van het productieproces?
 - 4.2 Wat zijn de gevolgen voor het gasverbruik als gevolg van het product (asfaltmengsel)?
5. Welke patronen zijn waar te nemen tussen de operationele werkwijze en het energieverbruik?

2.4 Onderzoeksmethode

Om doelstelling van het onderzoek te bereiken is een onderzoeksmodel opgesteld (figuur 1). Dit onderzoeksmodel geeft (globaal) inzicht in de stappen die gemaakt moeten worden om het onderzoeksdoel te bereiken. Aan de hand van het onderzoeksmodel kan ook de methode per deelvraag toegelicht worden.



Figuur 1: Onderzoeksmodel

Voor deelvraag 1 zal een literatuurstudie uitgevoerd worden (rode blok onderzoeksmodel). Drie onderwerpen zijn hierbij geselecteerd: de productiemethode, processen en parameters en gasverbruik. De uitkomsten van de literatuurstudie moeten enerzijds fungeren als theoretische basis en daarnaast richting geven aan het vervolg van het onderzoek aan de hand van de hiaten in de

beschikbare informatie. Activiteiten voor deelvraag 1 zijn onder andere het zoeken van literatuur, het bestuderen van de artikelen en het selecteren van informatie en trekken van conclusies.

Het doel van deelvraag 2 is om door middel van interviews (een deel van) de aanwezige praktijkkennis van verschillende niveaus/ invalshoeken vast te leggen. Het gaat dan met name over de relevante processen en parameters met het oog op kostenreductie. Door zowel informatie uit de literatuur als de praktijk te gebruiken zou een compleet beeld moeten ontstaan van de relevante processen en parameters. Subvragen 2.1, 2.2 en 2.3 moeten beantwoord worden aan de hand van de uitkomsten van de af te nemen interviews. Het is de bedoeling om in totaal 4 personen te interviewen. Eén persoon afkomstig uit het managementteam, één persoon van het laboratorium en twee personen van de molen. Informatie kan ook verkregen worden uit het ERP Blending Systeem. Activiteiten zijn het maken van de vragenlijst, selecteren van te interviewen personen, maken van afspraken met deze personen, het afnemen en uitwerken van de interviews en tot slot het trekken van conclusies. De keuze voor het afnemen van interviews, in tegenstelling tot een enquête, berust op het feit dat een interview mogelijkheid biedt om het gesprek bij te sturen en onverwachte antwoorden ook meegenomen kunnen worden. Dit is bij een enquête lastiger.

Bij deelvraag 3 staat het observeren van de werkwijze centraal. De subvragen 3.1 en 3.2 moeten beantwoord worden op basis van observaties en registraties. De handelingen van het personeel op de molen moeten vastgelegd worden. De nadruk zal liggen op de parameters/processen zoals deze bij deelvraag 1 uit de literatuur en bij deelvraag 2 uit de interviews naar voren zijn gekomen. Per dag en per mengsel moeten de operationele keuzen vastgelegd worden. De verticale pijl binnen de kolom 'observatie' in het onderzoeksmodel geeft aan dat er een relatie is tussen de werkwijze en het gasverbruik.

Methode deelvraag 4: De deelvragen 4.1 en 4.2 kunnen beantwoord worden op basis van het analyseren van verzamelde data van de productiewijze en productiebatch. Gegevens over het gasverbruik kunnen met behulp van een timelapse-camera geregistreerd worden. Vervolgens moeten de videobeelden verwerkt worden. Het ligt voor de hand om met behulp van Microsoft Excel de gegevens te verwerken. Zo kan per dag en per batch onderzocht worden wat de consequenties voor het gasverbruik zijn.

Methode deelvraag 5: Deze deelvraag kan beantwoord worden door de gegevens van deelvragen 3 en 4 aan elkaar te koppelen. Dit is ook te zien in het onderzoeksmodel: gasverbruik en werkwijze komen bijeen. Nadat de gegevens aan elkaar gekoppeld zijn moet naar patronen gezocht worden. Op basis van de patronen moeten aanbevelingen gedaan worden. Deze moeten uiteindelijk leiden naar het doel van het onderzoek; het doen van aanbevelingen om de kosten te reduceren.

2.5 Projectkader

Voor de Bachelor Eindopdracht staan 10 weken ingepland exclusief een eventuele week uitloop. Omdat dit een relatief korte periode is en het onderzoek naar energiereductie erg omvangrijk kan zijn, is het noodzakelijk om het onderzoek te af te bakenen. De belangrijkste afbakening is dat het onderzoek zich specifiek zal richten op de Asphalt Centrale Hengelo, en niet op andere asphaltcentrales of centrales in het algemeen. Een gevolg hiervan is dat alleen het personeel van de ACH, en niet die van de moederbedrijven of andere instanties, een eventuele input zouden kunnen leveren voor het onderzoek. Daarnaast zal de huidige installatie de basis vormen voor het onderzoek. Door nieuwe technieken en/of machines te installeren zal het wellicht eenvoudiger worden om (meer) energie te besparen, maar de bedoeling is om aanbevelingen op te stellen gegeven de huidige installatie.

3. Literatuurstudie asfaltproductie

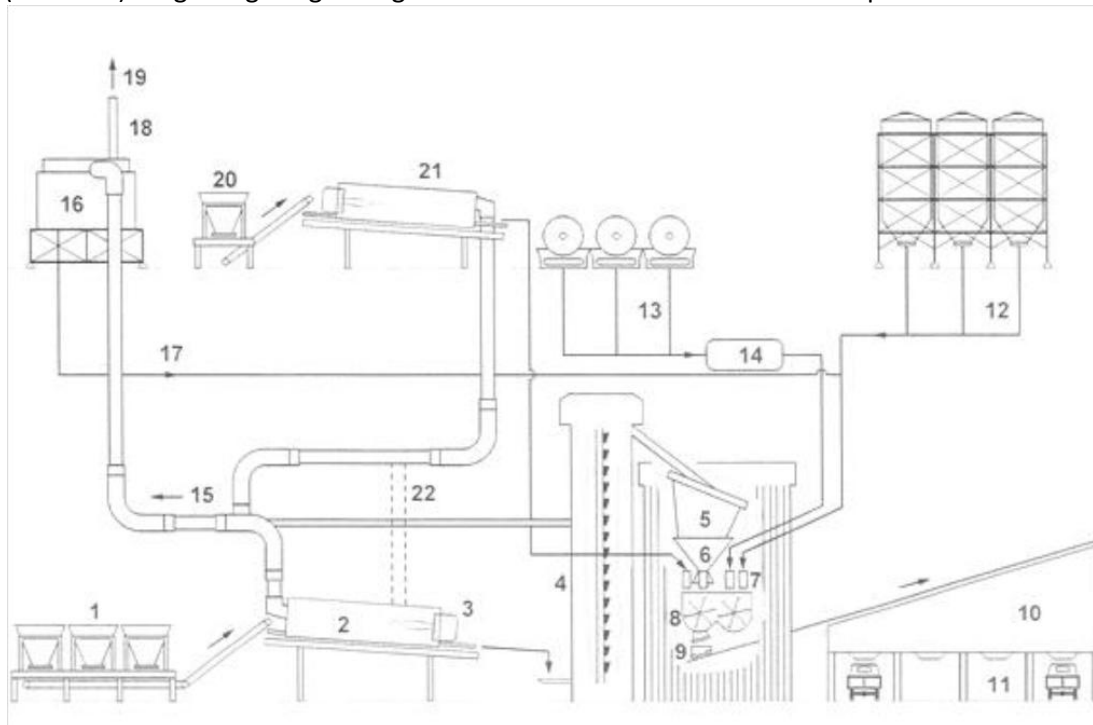
In dit hoofdstuk zullen de bevindingen uit de literatuurstudie besproken worden. In paragraaf 3.1 wordt eerst het asfaltproductieproces toegelicht. Daarna volgen in paragraaf 3.2 de belangrijkste parameters en processen bij dit productieproces, waarbij tevens aandacht wordt besteed aan het gasverbruik. Tot slot volgt in paragraaf 3.3 de conclusie van het literatuuronderzoek.

3.1 Asfaltproductieproces

Over het asfaltproductieproces is veel bekend in de literatuur. Op basis van drie verschillende bronnen zal beknopt het asfaltproductieproces toegelicht worden. Asfalt is een mengsel van minerale aggregaten (zand, grind of steenslag), bitumen, vulstoffen en eventueel additieven. De mineralen en de bitumen worden gemengd met de vulstoffen en eventueel additieven. De bitumen fungeert als het bindmiddel in het asfaltmengsel (TME, 2014).

Grofweg bestaan er twee type asfaltproductiemethoden: het produceren in batches of een continu productieproces. De namen komen voort uit de verschillende mengmethoden. Bij de eerste wordt per mengsel een bepaalde gewenste hoeveelheid geproduceerd. Bij de tweede wordt in de trommel al het asfalt in een continu proces gemengd (Chapter 3 Asphalt Concrete Plants, 2007). In Nederland komt het continue proces nauwelijks voor (TME, 2014).

Bij een batch plant worden de mineralen voorgesorteerd, gedroogd en verwarmd, gemixt met bitumen en vervolgens in vrachtwagens afgevoerd (Eeson, 2013). Vaak wordt ook gerecycled asfalt (PR-asfalt) toegevoegd. Figuur 2 geeft een overzicht van een batch asfaltproductiefaciliteit.



Figuur 2: Schematische weergave asfaltproductie (TME, 2014)

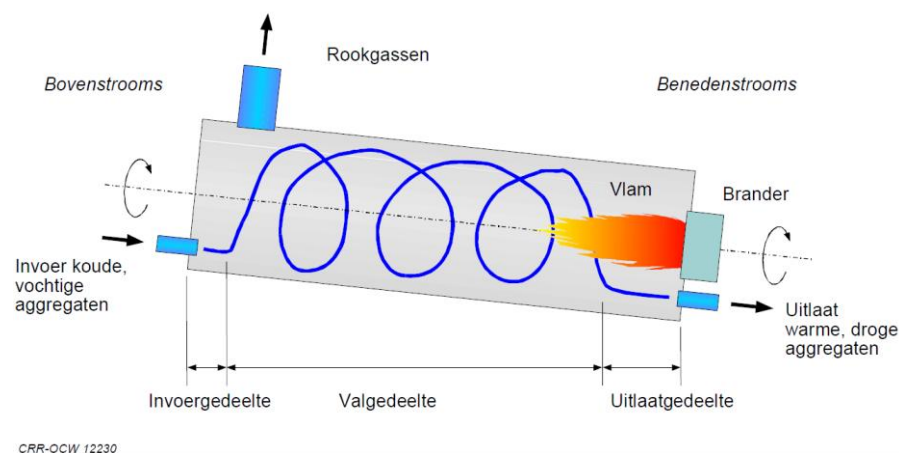
Als eerste worden de mineralen vanuit de opslagvakken via doseurs en transportbanden naar de trommel gebracht (1). De mineralen worden in de trommel gedroogd en verwarmd (2). Met een zogenaamde warme ladder (4) worden de mineralen naar boven getransporteerd en nauwkeurig gezeefd (5) en in bunkers opgeslagen (6). Vanuit deze bunkers wordt het nauwkeurig afgewogen en in de menger (8) gestort. Dit geldt ook voor de bitumen (13) en vulstoffen (12). Eventueel wordt gerecycled asfalt vanuit de opslagplaats (20) toegevoegd en tevens verwarmd in de 'zwarte' trommel

(21). Het PR-asfalt komt dan uiteindelijk ook in de menger terecht. Uiteindelijk komt het complete asfaltmengsel in de opslagbunkers (10) en kan het via het laadplatform (11) met een vrachtauto opgehaald worden (TME, 2014).

3.2 Processen, parameters en gasverbruik

In de literatuur worden diverse parameters en processen genoemd die relevant zijn met het oog op energiereductie. In deze paragraaf zullen ze besproken worden. Tevens wordt ingegaan op het gasverbruik.

De eerste belangrijke parameter is het vochtgehalte in de mineralen die op het terrein opgeslagen worden (Ang et al, 1993; Peinaldo et al., 2011; Paranthos & Petter, 2013). Bij de asfaltproductie worden de mineralen gedroogd en verwarmd in een trommel door middel van een brander (zie figuur 3). De granulaten worden opgewarmd tussen 145 en 200 °C, afhankelijk van het type asfaltmengsel en type bindmiddel. De mineralen moeten droog zijn zodat de bitumen goed hecht (Vito, 2013). Hoe hoger het vochtgehalte, hoe meer energie verbruikt moet worden om de mineralen droog te krijgen. Daarom is ook de manier van opslag (overdekt of niet) van belang. Young (2008a) stelt dat een reductie van het totale vochtgehalte met 1% ongeveer een energiereductie van 10% tot gevolg heeft. De weersomstandigheden hebben een directe invloed op het vochtgehalte van het aggregaat (Ang et al., 1993; Peinaldo et al., 2011).



Figuur 3: Opstelling trommel en brander (Vito,2013)

Een tweede belangrijke parameter is (de mate van) het gebruik van recycleasfalt (VBW, 2004; Ventura et al., 2007). Net zoals het 'nieuwe aggregaat', wordt de het recycleasfalt (PR-asfalt) gedroogd en verwarmd. Dit gebeurt in de zogenaamde paralleltrommel (Vito, 2013). Het produceren inclusief het recyclen van asfalt vraagt meer energie dan wanneer met alleen nieuwe grondstoffen wordt geproduceerd. Naast een "witte" trommel voor nieuwe grondstoffen staat er ook nog een paralleltrommel voor het drogen en verwarmen van oude asfaltgranulaat. Dit zorgt ervoor dat het verbruik hoger is.

Voor het drogen en verwarmen van zowel het nieuwe als gerecyclede granulaat wordt de brander op een bepaalde stand gezet, zodat een bepaalde hoeveelheid brandstof verbrand wordt. De stand van de brander wordt direct ingesteld door de operator op de molen (Jullien et al., 2010). Verschillende typen brandstof kunnen worden gebruikt, waaronder dieselolie, aardgas en bruinkool. Dat laatste wordt voornamelijk in Duitsland toegepast (Vito, 2013).

Naast het vochtgehalte en het gebruik van PR-asfalt is het productievolume en de het productiedebiet (ton/uur) een belangrijke variabele (Jullien et al., 2010; Paranthos & Petter, 2013).

Belangrijk is dat het productievolume direct afhankelijk is van de vraag vanuit de wegenbouwers en kan daarom als extern worden beschouwd. Het totale productievolume kan onderverdeeld worden naar de verschillende typen mengsels die bij de asfaltcentrale geproduceerd worden. Het produceren van de verschillende mengsels kan gevolgen hebben voor het aantal starts en stops van de installatie. Het aantal starts en stops draagt in belangrijke mate bij aan het verbruik (Vito, 2013). Ang et. al (1993) en Paranhos & Petter (2013) geven dan ook aan dat dit een belangrijke indicator is.

In de literatuur wordt aangegeven dat de bitumentemperatuur, de mineraaltemperatuur en de asfalttemperatuur belangrijke parameters zijn (Paranhos & Petter, 2013). De VBW (2000) stelt dat een constante temperatuur van het mineraal essentieel is, omdat bij temperatuurwisselingen de brander door de operator vaak te hoog wordt gezet om zodoende in ieder geval geen (te) koud asfalt af te leveren.

Ten slotte worden nog twee parameters benoemd. Dit zijn de negatieve druk (onderdruk) in de trommel en de hoeveelheid vulstof. De negatieve druk in de trommel wordt veroorzaakt door het afzuigen van de gassen. Het doel van de operator is om de druk constant te houden (Jullien et al., 2010). De druk is van belang voor een goede afzuiging en daarmee de droging van de materialen. Peinaldo et al. (2011) geven aan de hoeveelheid vulstof van belang is voor de energiebehoefte, en dat deze met 1,8 MJ/ton (=0,05 m³/ton) toeneemt bij een verhoging van het percentage vulstof met 1%.

Verschiedende waarden over de benodigde hoeveelheid gas per ton asfalt worden in de literatuur benoemd. Hierbij is het in alle gevallen niet duidelijk om welk soort mengsel het gaat. In tabel 1 zijn de waarden weergegeven.

Tabel 1: Gasverbruik per ton

Gasverbruik (m ³ /ton)	Bron
7,9	(Ang et al., 1993)
10,26	(Ang et al., 1993)
10,76	(Ang et al., 1993)
8,7	(Peinaldo et al, 2011)
4,2 *	(Jullien et al. 2010)

* Op basis van verbruik per uur en productiedebiet.

3.3 Conclusies literatuuronderzoek

Op basis van het literatuuronderzoek kan gesteld worden dat veel informatie beschikbaar is over de manier waarop asfalt geproduceerd wordt. Duidelijk is uit welke onderdelen een asfaltmenginstallatie bestaat en via welke bewerkingen het asfalt geproduceerd wordt. Ook zijn een groot aantal relevante parameters en processen bekend. Bekend is welke rol deze parameters spelen binnen het productieproces en waarom ze relevant zijn. Informatie over het gasverbruik is beperkter. Een vijftal waarden van het gasverbruik per ton zijn bekend. Deze variëren echter sterk van elkaar en het is niet duidelijk om welk soort mengsel het gaat. Daarnaast is ook vaak onduidelijk welke invloed de genoemde parameters hebben op het gasverbruik en in hoeverre dit verbruik varieert bij verschillende condities. Daarom zullen juist deze parameters en processen geobserveerd moeten worden om zodoende data te verzamelen zodat meer inzicht wordt gekregen in het gasverbruik. Op basis van de bestudeerde bronnen kan geen relatie gelegd worden tussen de het gasverbruik.

In hoofdstuk 4 zal worden zullen de resultaten van de interviews besproken worden, als aanvulling op de bevindingen uit de literatuur in dit hoofdstuk. Zodoende wordt naast theoretische kennis ook kennis uit de praktijk gepresenteerd. In hoofdstuk 5 volgt de observatie van de parameters, voortkomend uit de hierboven besproken conclusies.

4. Processen en parameters aangeven door personeel ACH

Waar in paragraaf 3.2 onder andere de parameters en processen zoals deze in de literatuur naar voren kwamen besproken zijn, worden in deze paragraaf de parameters en processen besproken die voortkwamen uit de afgenomen interviews. Om vanuit verschillende oogpunten inzicht te krijgen op de belangrijkste processen, zijn er mensen uit de drie verschillende afdelingen van de organisatie geïnterviewd. Dit zijn het management, de laboranten en het uitvoerend personeel/operators. Het interviewprotocol en uitwerking van de interviews is opgenomen in bijlage A.

4.1 Interview management

Namens het management is de bedrijfsleider geïnterviewd. De bedrijfsleider geeft aan dat bij de productie zijn de volgende zaken van belang zijn: (1) het wel of niet produceren met PR-asfalt. Dit heeft namelijk implicaties voor de volgorde van productie en het inschakelen van de zwarte brander. (2) De steensoort (type mengsel) aangezien niet elk mengsel dezelfde steenslag bevat en deze niet uitwisselbaar zijn. (3) Het type bitumen en de kleur van het asfalt. Als een gemodificeerde bitumen gebruikt wordt, heeft dit implicaties voor de productie. De kleur van het asfalt heeft impact op de productievolvergord. Deze moet aan het begin geproduceerd worden, aangezien de mengbak dan nog schoon is. Het productievolum is van belang voor de continuïteit van het productieproces en de planning. Weinig zaken zijn direct aan te passen. De invloed van buitenaf is zeer groot. Er wordt wel gesteld dat de molen 'leading' is, maar dit is niet geheel waar. De aannemers bepalen veel. Zij wijzen de opdrachtgever aan als schuldige hiervoor, omdat zij zouden eisen dat op een bepaald moment begonnen moet worden. De productievolvergord wordt bepaald op basis van de vraag van de aannemers. De starttijden van de asfaltploegen zijn daarin bepalend. De meeste ploegen beginnen rond 7 uur. De productiepiek ligt dan ook tussen 6 en 8 uur 's ochtends. Na 12 uur neemt de productie bij de ACH af. De productie is vaak gebaseerd op ad-hoc beslissingen. Flexibiliteit is een noodzaak. Zo ben je bijvoorbeeld afhankelijk van de technische specificaties/mogelijkheden van de installatie en de vraag vanuit de aannemers. Dit geldt bijvoorbeeld voor het gebruik van PR-asfalt. Onder de 100 ton kan niet met PR gedraaid worden, omdat het mengsel anders niet warm genoeg wordt. Wanneer de aannemers minder tonnen willen, maar toch met PR, dan is dit niet mogelijk. Door zelf proactief te zijn en de uitvoerders te bellen/te informeren kunnen een aantal zaken in een relatief vroeg stadium in de planning worden opgenomen.

De bedrijfsleider noemt drie parameters die grote invloed hebben op het gasverbruik, te weten: vochtgehalte, batchgrootte en mengselwisselingen. Er is simpelweg veel energie nodig om het water uit de mineralen te verdampen. De batchgrootte is van belang voor de continuïteit van de productie. Het is beter om lange runs te doen in plaats van korte runs. Mengselwisselingen hebben omschakeltijd tot gevolg waarin de installatie wel aanstaat, maar niet produceert.

4.2 Interview laborant

Hoewel de asfaltproductie niet tot het takenpakket van de laborant hoort, kan de persoon in kwestie wel een aantal belangrijke parameters noemen. Als belangrijke indicatoren voor de asfaltproductie wordt wederom het vochtgehalte benoemd als gevolg van de regenval. Hoewel het een belangrijke indicator voor het gasverbruik is, is het vochtgehalte niet te beïnvloeden en zal nagenoeg altijd tussen de 2% en 5% liggen. Dit betreft het vochtgehalte van al het aggregaat bij elkaar. Een andere belangrijke indicator is het gebruik van PR-asfalt. Dit komt voort uit het opgesteld recept waarin wel of niet aangegeven staat of PR-asfalt gebruikt kan worden en eventueel in welke hoeveelheid. Dit verschilt per type mengsel. Elk type mengsel heeft een bepaald invloed op het verbruik. In grove mengsels zit minder vocht, maar het is lastiger te drogen. Daarnaast moet elk mengsel uiteindelijk een bepaalde temperatuur hebben. De aanvoer van materiaal kan enigszins gestuurd worden, al ligt dit wel binnen een bepaalde range. De trommel moet wel een bepaalde vulling hebben om het materiaal te drogen. De doorlooptijd in de trommel kan wel iets aangepast worden, maar dit heeft

wel gevolgen voor het drogen en verwarmen van het materiaal omdat dit het strooi patroon beïnvloedt. Echt grote aanpassingen kunnen niet gemaakt worden. Ten slotte is de volgorde van de productie, ook als gevolg van wijzigingen in de planning zeer belangrijk. Dit komt voornamelijk voort vanuit de wegenbouwer. Wijzigingen hebben gevolgen voor het aantal mengselwisselingen en starts en stops. Het is het mooiste om zoveel mogelijk van één soort mengsel te produceren, maar het productievolume is afhankelijk van de vraag van de wegenbouwers.

4.3 Interviews mengers

In totaal zijn twee mengers geïnterviewd. Het betreft de hoofdmenger en de 'invalmenger'. Aangegeven wordt dat het vochtgehalte een belangrijke parameter is. Onder andere op basis van het vochtgehalte wordt de stand van de brander aangepast (hoewel het vochtgehalte dus niet bekend is). Andere indicatoren voor het aanpassen van de branderstand zijn de temperaturen van de mineralen bij uitloop van de trommel, de afgastemperaturen van de trommels en de temperatuur van het doekfilter. Voor het PR-asfalt wordt vooral gelet op de afgastemperatuur, voor het 'witte materiaal' wordt gelet op de mineraaltemperatuur. Ook de onderdruk in de trommels is een indicator. Doordat met de gasleverancier afspraken gemaakt zijn wat betreft het maximale verbruik per uur (1748 m³/uur), wordt dit ook nauwlettend in de gaten gehouden. Als deze norm één keer overschreden wordt, moet voor het gehele jaar een toeslag betaald worden. De belangrijkste twee zaken die aangepast kunnen worden op de molen zijn de stand van de brander en de aanvoer van het materiaal. De aanvoer van het materiaal heeft invloed op het productiedebiet. Ook het gebruik van PR-asfalt (en in welke hoeveelheid) is belangrijk voor het energieverbruik. Dit geldt ook voor de gradatie van het materiaal. Hoe fijner het materiaal, hoe meer energie verbruikt moet worden. Ook zijn het bitumentype en de asfalttemperatuur van belang, omdat voor de verwerkbaarheid het gerede asfalt een bepaalde temperatuur moeten hebben. Verder is het van belang in welke volgorde de mengsels geproduceerd worden, ook als gevolg van wijzigingen in de productieplanning. Daarmee samen hangt ook het aantal starts en stops van de installatie. Het streven is om een zo groot mogelijke continuïteit te hebben wat betreft de productie. Wijzigingen zijn over het algemeen niet gunstig voor het energieverbruik. Een goede communicatie met de projectleiders is van groot belang. Calamiteiten bij de aannemer zullen echter altijd voor blijven komen.

In tabel 2 staat een overzicht van de in dit hoofdstuk genoemde parameters en processen.

Tabel 2: Parameters en processen uit interviews

Overzicht parameters en processen genoemd in de interviews			
Vochtgehalte	%	Volgorde productie	-
Stand van de brander	%	Wijzigingen in planning	-
Type mengsel	-	Mengselwisselingen	#
Gebruik PR asfalt	%	Starts en stops	#
Bitumentype	-	Onderdruk in de trommel	bar
Productiedebiet	Ton/uur	Doorlooptijd trommel	Sec.
Totaal productievolume	Ton	Asfalttemperatuur	°C
Batchgrootte	Ton	Mineraaltemperatuur	°C
Gasnorm 1748 m ³ /uur	m ³ /uur	Afgastemperatuur	°C
Aanvoer van materiaal	Ton/uur	Temperatuur doekfilter	°C

5. Operationele werkwijzen

In dit hoofdstuk wordt de operationele werkwijze bij de asfaltproductie besproken. Eerst komt de selectie van parameters en processen aan bod in paragraaf 5.1. Daarna volgen de resultaten/bevindingen van de observatieperiode. De observaties en metingen zijn over een periode van vier weken uitgevoerd, waarbij in totaal op 15 dagen metingen zijn gedaan. In paragraaf 5.2 staan de keuzes wat betreft de energietoevoer en in paragraaf 5.3 de productietechnische keuzes.

5.1 Selectie voor observatie

In paragraaf 3.2 en hoofdstuk 4 is een inventarisatie gemaakt van de belangrijkste parameters en processen. Voor de observatie is een selectie gemaakt van een aantal van deze parameters en processen. Niet alle parameters en processen zijn geschikt om te observeren. Voor de selectie van parameters en processen moet rekening gehouden met zowel de inhoudelijke als de praktische aspecten. In deze paragraaf zal de selectie aan bod komen.

In de onderstaande tabel, tabel 3, staat een overzicht van de geselecteerde parameters, inclusief eenheid waar mogelijk. Deze parameters samen geven een goed beeld van de werkwijze en keuzes op de molen. Een motivatie waarom de overige parameters niet meegenomen zijn in het observatiekader is opgenomen in Bijlage C.

Tabel 3: Selectie van parameters

Parameter/proces	Eenheid
Stand van de brander van witte trommel	%
Stand van de brander van zwarte trommel	%
Type mengsel	-
Gebruik van PR-asfalt	%
Productievolume per mengsel (batchgrootte)	ton
Productievolume totaal	ton
Productiedebiet	ton/uur
Asfalttemperatuur	°C
Mengselwisselingen gepland en ongepland	#
Starts en stops	#
Volgorde productie en planning	-

Stand van de branders

De standen van de branders geven aan hoeveel gas toegevoegd wordt en zijn dus essentieel voor de observatie. Voor beide trommels worden de standen van de branders automatisch gelogd. De standen worden uitgedrukt in percentages. Dit wil overigens niet zeggen dat de standen lineair verlopen. Een stand van 50 % hoeft niet te betekenen dat klep van de gastoevoer onder een hoek van 45° staat. De consequentie hiervan is dat de stand van de brander niet direct terugvertaald kan worden naar het gasverbruik in m³/uur aan de hand van het vermogen van de brander. De keuze om de stand van de branders vast te leggen bij de observatie is evident omdat het de enige indicator is die informatie verschaft over de toevoer van het aardgas naar de branders.

Type mengsel

Er bestaan vele verschillende asfalmengsels. Bij de ACH worden bijna 300 mengsels geproduceerd. Elk type mengsel wordt voor een specifiek doeleinde gebruikt. Voor bijvoorbeeld fietspaden wordt een ander mengsel gebruikt dan voor snelwegen. Asphalt kan worden toegepast in een onderlaag, tussenlaag of deklaag. Aan de hand van het geregistreerde mengselnummer kan worden afgelezen welk mengsel geproduceerd is. In productspecificatiebladen staat omschreven waaruit het mengsel bestaat. Ook wordt het soort bitumen vermeld. De keuze om het type mengsel vast te leggen, is gebaseerd op de veronderstelling dat elk soort mengsel een bepaalde impact heeft op het gasverbruik. Ook vanwege de praktische uitvoerbaarheid is het een goede parameter daar er veel informatie beschikbaar is over de verschillende mengsels. In bijlage B wordt een overzicht gegeven van de typen mengsels die gedefinieerd zijn in de RAW2012 systematiek.

Gebruik van PR-asfalt

Bij de productie van asfalt wordt bij sommige mengsels gebruik gemaakt van PR-asfalt. Niet elk mengsel bevat dezelfde hoeveelheid PR-asfalt. Het percentage dat toegevoegd wordt, staat vermeld in de specificatie van het mengsel. Meestal is dit percentage 50% of 60%. Dit percentage mag niet overschreden worden, maar mag ook niet 10% onder het vermelde percentage zitten. Incidenteel wordt er 30% toegevoegd. Een lager percentage is in principe niet mogelijk in verband met de trommelvulling van de zwarte trommel. Per mengsel kan het percentage PR-asfalt genoteerd worden.

Productiedebiet, productievolume en batchgrootte

Het productiedebiet geeft aan hoeveel ton asfalt per uur geproduceerd wordt. Deze wordt bepaald door de aanvoer van het materiaal. De keuze om het productiedebiet te registreren komt voort uit de gedachte dat bij een bepaalde productie per uur er consequenties zijn voor het gasverbruik. Dit geldt ook voor het totale productievolume en volume per mengsel (batchgrootte).

Asfalttemperatuur

Elk mengsel moet afgeleverd worden met een bepaalde temperatuur. Deze temperatuur is afhankelijk van de temperatuur waarin de bitumen verwerkbaar is. Deze staan genoteerd in de zogenaamde Bewijzen van Oorsprong. Grofweg worden drie typen bitumen gebruikt. Dit zijn de zogenaamde 40/60 bitumen, de 70/100 bitumen en in beperkte mate ook gemodificeerde bitumensoorten. De 40/60 bitumen is een wat hardere bitumen. De 70/100 heeft een lagere viscositeit en is soepeler. Door de asfalttemperatuur te vast te leggen, kan gekeken worden of het mengsel inderdaad op de juiste temperatuur geproduceerd is. Met het oog op energiereductie is dan vooral van belang of het mengsel niet te warm geproduceerd is.

Mengselwisselingen

Mengselwisselingen komen op twee manieren voor. Dit zijn voorziene (=geplande) mengselwisselingen en niet-voorziene mengselwisselingen. Beide komen voort uit de vraag van de wegenbouwers. Deze geven aan op welke dag ze een bepaald mengsel willen afnemen. Het kan zo zijn dat op een productiedag slechts één type mengsel wordt geproduceerd. Dan vinden geen mengselwisselingen plaats. Dit is waarschijnlijk niet vaak het geval. Meestal zullen op een dag één of meer mengselwisselingen plaatsvinden. Ongeplande mengselwisselingen zijn het gevolg van wijzigingen in de planning. Deze worden vaak laat op de dag gemeld. De uitvoerders constateren dan problemen. Bijvoorbeeld een tekort aan het aantal tonnen asfalt. Deze moeten dan bijgeproduceerd worden. Deze wijzigingen kunnen genoteerd worden en de gevolgen wat betreft het verbruik kunnen bestudeerd worden.

Starts en stops

Als gevolg van mengselwisselingen, wijzigingen en andere oorzaken kan het zo zijn dat de installatie wordt stopgezet en weer wordt opgestart. Het is zeer aannemelijk dat dit consequenties heeft voor het energieverbruik. Indien de installatie wordt stopgezet en weer opgestart wordt, kan het tijdstip van opstarten genoteerd worden en vervolgens gekoppeld worden aan het gasverbruik.

Volgorde van de productie en productieplanning

Bij de volgorde van productie wordt gekeken welke mengsels na elkaar geproduceerd worden. Dit staat los van het aantal mengselwisselingen. Het aantal mengselwisselingen zegt niets over de gekozen volgorde van productie, mits deze niet onderhevig is aan wijzigingen vanuit de wegenbouwers. Wordt elke keer dezelfde volgorde gehanteerd of wisselt deze? Waarom wordt een bepaalde volgorde gehanteerd? En wat zijn de consequenties hiervan?

5.2 Observaties energietoevoer

In deze paragraaf worden de resultaten van de observaties aangaande de energietoevoer weergegeven.

Stand van de brander van 'witte' trommel

De witte brander wordt door de operator handmatig bediend. Indicatoren voor het aanpassen van de branderstand zijn de temperaturen van de mineralen bij uitloop van de trommel, de afgastemperatuur en de temperatuur van het doekfilter. Op basis hiervan zet men de brander op een bepaalde stand. Soms wordt de branderstand gedurende een lange tijd hetzelfde gehouden, soms vinden er snelle wijzigingen plaats. Dit is dan afhankelijk van de indicatoren. Aan de hand van opgedane ervaring wordt de stand aangepast, zodat uiteindelijk het asfaltmengsel in de mengbak de juiste temperatuur heeft. Er wordt geen vast protocol gevolgd die aangeeft op welke stand de brander zou moeten staan gegeven de omstandigheden. In tabel 4 staan de gemiddelde branderstanden voor elke mengselgroep weergegeven. Hieruit blijkt dat voor fijne mengsels de gemiddelde branderstand hoger is.

Tabel 4: Branderstanden bij mengselgroep

Mengsel	Gemiddelde branderstand (%)
AC 8	64
AC 11	61
AC 16	57
AC 16 PR	49 (PR-brander 76)
AC 22	57
AC 22 PR	49 (PR-brander 74)
SMA 8	55

Stand van de brander van 'zwarte' trommel

Bij de productie van mengsels met recycleasfalt wordt de zwarte trommel gebruikt. Het produceren met PR-materiaal vraagt de nodige concentratie, omdat feitelijk aan de grenzen van de installatie geproduceerd worden. De temperaturen moeten nauwlettend in de gaten worden met het oog op brandgevaar. Bitumendeeltjes in het afgaskanaal kunnen vlam vatten. Om dit te voorkomen wordt de stand van de PR-brander altijd op de automatische stand gezet. Het besturingssysteem regelt dan de stand van de brander op basis van de afgastemperatuur van de zwarte trommel. De operator richt zich dan voornamelijk op het instellen van de witte brander om zo de juiste temperatuur van het gereede product te bereiken.

Voor de productie van AC 16 mengsels met PR komt de gemiddelde branderstand uit op 76, voor AC 22 mengsels met PR op 74. Dit zijn dus branderstanden die op basis van automatische aansturing naar voren komen.

5.3 Observaties productietechnische keuzes

Daar waar in paragraaf 5.2 is ingegaan op de keuzes wat betreft energietoevoer, staan hier de productietechnische keuzes centraal.

Type mengsel

Tijdens de observatieperiode zijn de drie soorten Asfaltbeton (AC), dus Surf, Base en Bind geproduceerd. Daarnaast zijn ook SMA mengsels gedraaid. Een ZOAB mengsel is niet geproduceerd. Productietechnisch gezien maakt het geen verschil welke soort asfalt geproduceerd wordt. Er is geen specifieke werkwijze voor een bepaald type mengsel. Elk mengsel heeft wel zijn eigen karakteristieken, maar in de basis is de methode van productie voor elk mengsel hetzelfde.

Gebruik van PR-asfalt

PR-Asfalt wordt toegepast in percentages van 30%, 50%, 55% en 60%. (Wat dus strijdig is met hetgeen op wat de website van de ACH vermeld wordt, namelijk dat met 70% hergebruikt asfalt geproduceerd kan worden). Alleen batchgroottes groter dan 100 ton worden eventueel met PR geproduceerd. Onder de 100 ton is het mengsel niet op de juiste temperatuur te krijgen. Daarvoor is de hoeveelheid te klein. Om het mengsel op de juiste temperatuur te krijgen, wordt het witte materiaal op een hogere temperatuur gebracht dan wanneer zonder PR gedraaid wordt. Op deze manier compenseert het witte materiaal de lagere temperatuur van het PR-asfalt. Het samengestelde mengsel heeft dan wel de juiste temperatuur.

Productievolume per mengsel (batchgrootte)

Afhankelijk van de batchgrootte maakt de operator specifieke keuzes voor het aansturen van de installatie. Vooral bij kleinere batchgroottes worden deze keuzes duidelijk zichtbaar. Het produceren van kleine batches wordt als lastig ervaren. Dit komt omdat de operator weinig feedback krijgt over de temperatuur omdat maar weinig materiaal de temperatuursensoren passeert en omdat er maar een klein aantal charges benodigd zijn (elke charge bedraagt 2,75 ton). Door het gebrek aan terugkoppeling wordt de brander op een relatief hoge stand gezet om er zo enigszins zeker van te zijn dat het asfaltmengsel een acceptabele temperatuur van tenminste 150°C heeft.

Productievolume totaal

Tijdens de meetperiode zijn per dag verschillende hoeveelheden tonnen asfalt geproduceerd. Grote verschillen in tonnage zijn waar te nemen. De kleinste hoeveelheid was 14 ton, terwijl de grootste productieomvang 929 ton asfalt bedroeg. Met het oog op de continuïteit is het beter om per dag zoveel mogelijk tonnen te produceren. De operationele werkwijze wordt niet beïnvloed door het productievolume. Het is voor de productie meer een randvoorwaarde die niet aangepast kan worden en voortkomt vanuit de vraag van de wegenbouwers.

Productiedebiet

Het productiedebiet wordt bepaald door de aanvoer van het materiaal. Op basis van de materiaalvoorraad in de mineraalbunkers past de snelheid van de menger zich aan. Dit heeft variërende productiedebieten tot gevolg. Op twee manieren kan materiaal aangevoerd worden. De eerste methode is om eerst een grote hoeveelheid materiaal aan te voeren en pas daarna te beginnen met mengen. Dit komt het productiedebiet over het algemeen ten goede. De andere manier is het zogenaamde 'draaien op de klep'. Dit wil zeggen dat materiaal in beperkte mate wordt aangevoerd en dat het mengproces moet wachten tot voldoende materiaal aanwezig is. Het voordeel

van deze methode is dat er geen materiaal over blijft in de voorraadbunkers. Dit is een voordeel als het volgende te produceren mengsel een mengsel betreft met een kleinere korreldiameter of andere soort steenslag.

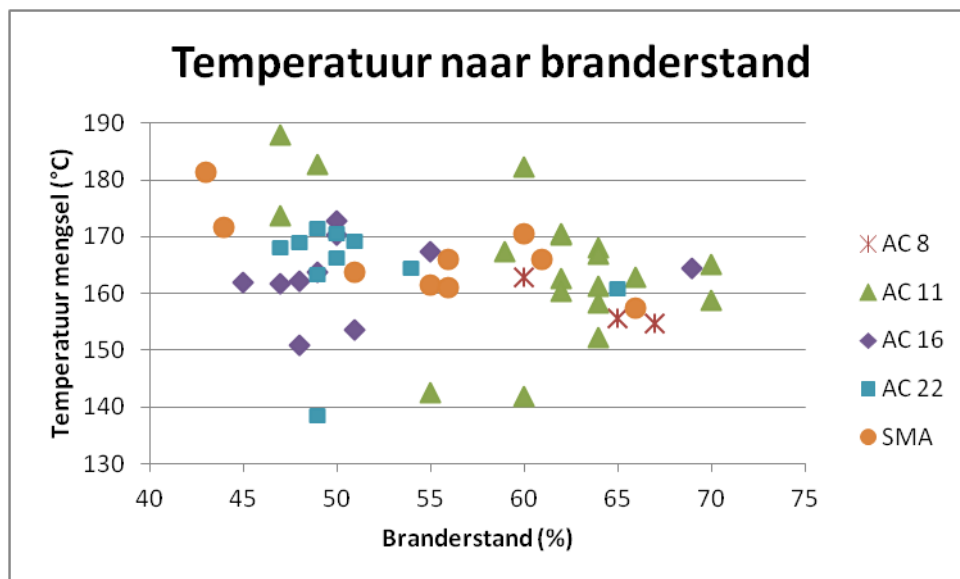
Asfalttemperatuur

Bij de asfaltproductie bij de ACH blijkt dat de mengsels op drie uitzonderingen na met een te hoge temperatuur uit de menger in de silo's afgeleverd worden. Een te hoge temperatuur wil in dit geval zeggen dat de temperatuur van het asfalmengsel hoger is dan de aanbevolen mengtemperatuur. De bitumenfabrikanten/leveranciers geven aan dat de bitumen en dus het asfalt een temperatuur van $\pm 150^{\circ}\text{C}$ moet hebben. Dit is de aanbevolen mengtemperatuur. De operators geven aan dat het product ook nog verwerkbaar moet zijn op het werk, maar strikt genomen hoeft het product niet warmer te zijn dan 150°C . Aan de ACH worden bitumen geleverd afkomstig van drie fabrikanten: Nynas, Shell en BituNed. In de bewijzen van oorsprong worden verschillende aanbevolen mengtemperaturen genoemd. Zie tabel 5.

Tabel 5: Aanbevolen mengtemperaturen

	40/60 Bitumen mengtemperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	70/100 Bitumen mengtemperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	Bron
Nynas	150	140	Bewijs van oorsprong 2011
Shell	155	150 ± 5	Productinformatie 2010
BituNed	157 ± 2	151 ± 2	Bewijs van oorsprong 2013

In figuur 4 zijn de branderstanden uitgezet tegen de temperatuur van het mengsel. Uit deze grafiek kan geen duidelijke relatie worden afgeleid tussen de branderstand en de temperatuur. Bij eenzelfde type mengsel zijn bij dezelfde branderstand verschillende temperaturen te zien. Andersom geldt dit ook. Bij verschillende branderstanden wordt dezelfde temperatuur bereikt. Per mengseltype kan dus niet eenduidig gesteld worden wat de invloed is van de branderstand op de temperatuur. Het is niet zo dat ongeacht het type mengsel de temperatuur toeneemt naarmate de branderstand hoger is. Wel is te zien dat 79% van de geproduceerde mengsels een temperatuur had hoger dan 160°C . De gemiddelde temperatuur over alle mengsels bedraagt 164°C .



Figuur 4: Temperatuur naar branderstand

Aantal mengselwisselingen

Tijdens de meetperiode heeft men 37 keer van mengsel gewisseld. Het aantal mengselwisselingen blijkt een beperkte invloed te hebben op de continuïteit van het productieproces, omdat de operator een goed inzicht heeft van de doorlooptijden van de verschillende onderdelen van de installatie. Dit betreft dan de verblijftijd op aanvoerband, de droogtijd in de trommel(s) en de tijd op de warme en koude ladder. Het duurt ongeveer 5 tot 7 minuten voordat het materiaal vanuit de opslagvakken in de mineraalbunker zit. Omdat de operator nagenoeg precies weet hoe lang het duurt voordat het materiaal bij de menger is, kan het materiaal voor het nieuwe mengsel al aangevoerd worden zodat de aanvoerband in principe altijd gevuld is en de brander niet stilgezet hoeft te worden. Op deze manier ligt er al materiaal op de band voor mengsel 2, terwijl mengsel 1 zich nog in de mengbak bevindt. Niet bij elke mengselwisseling kon direct – zonder tussentijden - het nieuwe mengsel geproduceerd worden. Dit was bij 14 mengselwisselingen het geval.

Starts en stops

Tijdens de observatieperiode is de installatie in totaal 8 keer opnieuw opgestart. In één geval was dit zo omdat dusdanig veel onduidelijkheid bestond over de planning dat eerst de definitieve planning opgesteld moest worden. In tussentijd is de installatie daarom stilgezet. Deze start en stop kan toegeschreven worden aan zowel het personeel van de ACH als de uitvoerders van de afnemende bedrijven.

In de andere 7 gevallen is de installatie voor een tweede of zelfs derde keer opgestart omdat het initiële aantal tonnen asfalt niet voldoende bleek te zijn of omdat een compleet nieuw mengsel aangevraagd werd. Deze verzoeken kwamen zowel van de TWW als Reef Infra. In geen geval is geweigerd om de installatie opnieuw op te starten. In 4 van de 8 gevallen betrof het kleine hoeveelheden (tonnen) dat geproduceerd moest worden. Dit ging om hoeveelheden van 10 tot 25 ton. De andere vier keren ging het om 43 tot 457 ton, waarbij opgemerkt dient te worden dat 457 ton gezien de periode vrij veel is. De exacte getallen staan in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6: Tonnen asfalt na herstart

Datum	Tonnen asfalt na hernieuwde opstart
8 mei	442
13 mei	457
13 mei	25
15 mei	43
15 mei	20
20 mei	10
23 mei	49
28 mei	18

Het opstartproces is bij een herstart overigens niet anders dan bij een 'gewone' start.

Volgorde productie en planning

Uit de observaties is gebleken dat geen vaste volgorde gehanteerd wordt bij de productie. Dit is grotendeels het gevolg van de vraag vanuit de werken. Soms moet er 's morgens eerst een onderlaag geleverd worden en later op de dag een deklaag of tussenlaag. Dit is afhankelijk van de aannemer/het project en verschilt van dag tot dag. Meestal wordt aan het eind van de productiedag bepaald welke mengsels 'zwart gezet' kunnen worden en met welk mengsel de volgende dag begonnen moet worden en welke mengsels daarop volgen. Het streven is om de fijne mengsels te beginnen om vervolgens te eindigen met het meest grove mengsel. Op deze manier kunnen geen

stenen met een grote korreldiameter in de fijne mengsels terechtkomen. Mengsels met PR-materiaal worden altijd achter elkaar geproduceerd.

Onderstaand is de productieplanning weergegeven voor een willekeurige dag, in dit geval donderdag 15-05-2014. Tabel 7 bevat de initiële planning zoals deze op maandagmorgen om 09:30 bekend was. De werkschrijving geeft aan om welk project het gaat. De mengselnaam en -code geven aan om welk mengsel het gaat. Tabel 8 geeft aan wat aan het eind op donderdag werkelijk geproduceerd is. Uit de vergelijking tussen deze tabellen valt af te leiden dat er in de loop van de week en dag een groot aantal wijzigingen plaatsvinden. Niet één mengsel zoals deze maandag op de planning stond is op de donderdag volgens de initiële omschrijving geproduceerd. Niet alleen de hoeveelheden wijken af, maar zelfs ook de typen mengsels. Bij de werkschrijving komen 2 van de 5 projecten overeen met de maandag. Geen van de mengsels correspondeert met het oorspronkelijke mengsel.

Tabel 7: Planning zoals bekend op maandagochtend

Datum	Aannemer	Werkomschrijving	Mengselcode	Mengselnaam	Hoeveelheid
15-05-2014 Donderdag	Roelofs Wegenbouw B.V.	Domijn Herinrichting OR Bijvank Enschede	811101	SMA-NL 11A Mor.	30 TON
15-05-2014 Donderdag	Roelofs Wegenbouw B.V.	Domijn Herinrichting woonwijk Bijvank Enschede	811101	SMA-NL 11A Mor.	87 TON
15-05-2014 Donderdag	Twentse Weg- en Waterbouw B.V.	Raambestek onderhoud Oude IJsselstreek	611751	AC 11 SURF DL-B Mor.	390 TON

Tabel 8: Werkelijke productie donderdagmiddag

Datum	Aannemer	Werkomschrijving	Mengselcode	Mengselnaam	Hoeveelheid
15-05-2014 Donderdag	Roelofs Wegenbouw B.V.	Domijn Herinrichting woonwijk Bijvank Enschede	322161	AC 22 Bind TL-B 60%	205 TON
15-05-2014 Donderdag	Twentse Weg- en Waterbouw B.V.	Raambestek onderhoud Oude IJsselstreek	516151	AC 16 BIND TL- B	35 TON
15-05-2014 Donderdag	Twentse Weg- en Waterbouw B.V.	Raambestek onderhoud Oude IJsselstreek	611751	AC 11 SURF DL- B Mor.	398 TON
15-05-2014 Donderdag	Wegenbouw Lansink B.V.	Haaksbergen drempels	322211	AC 22 Bind T2 60%	16 TON
15-05-2014 Donderdag	Wegenbouw Lansink B.V.	Haaksbergen drempels	811201	SMA-NL 11B Mor.	22 TON

- Gepland 507 ton, geproduceerd 676 ton
- Gepland 2 typen mengsels, geproduceerd 5 geheel andere typen dan gepland
- Afwijkende tonnen asfalt per project
- Tussenkoms van nieuwe aannemer (Wegenbouw Lansink BV) en projecten

6. Gasverbruik bij asfaltproductie

In dit hoofdstuk zal het gasverbruik bij de asfaltproductie aan bod komen. In paragraaf 6.1 wordt ingegaan op de kosten van gas. Vervolgens komt in paragraaf 6.2 het gassysteem van de ACH aan bod. In paragraaf 6.3 zal worden ingegaan op de gevolgen voor het gasverbruik van de operationele werkwijze zoals deze in hoofdstuk 5 aan bod is gekomen.

6.1 Kosten gas

Bij de ACH wordt gas geleverd tegen een variabele maandprijs. Deze maandprijs wordt bepaald op basis van de zogenaamde “Endex NL Baseload Gas Futures Nearby Month Closing Index”. Deze is weer gebaseerd op de vraag en het aanbod van gas op de (Nederlandse) gasmarkt (Essent, 2013). De gemiddelde waarde van alle publicaties van de “Endex NL Baseload Gas ... Index” gedurende een maand is de variabele maandprijs voor de volgende kalendermaand. De eenheid van de index is €/MWh. 1 €/MWh komt overeen met 0,0097694 €/m³ (Essent, 2013).

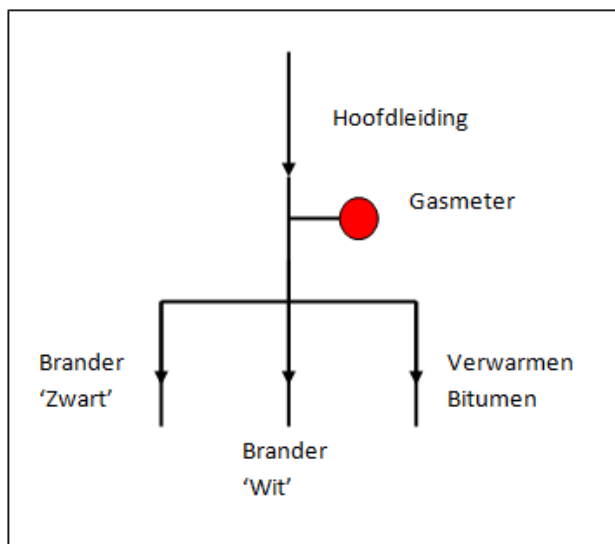
Daar de metingen in de maand mei uitgevoerd zijn, moet gerekend worden met de index van april 2014. Deze is gesteld op 20,654 (Essent, 2014). De variabele maandprijs voor mei 2014 bedraagt dus 0,202 €/m³.

Verkooptechnisch gezien zijn de kosten voor het gas een onderdeel van de mengkosten. Onder de mengkosten zijn alle gebudgetteerde kosten van de ACH opgenomen. Bij het opstellen van de begroting is uitgegaan van een jaarproductie van 135.000 ton. Voor 2014 wordt gerekend met een mengkostenpost van 17,70 €/ton asfalt. Samen met de kosten voor de grondstoffen vormt dit de verkoopprijs die aan de klant doorberekend wordt. Overigens wordt bij het budgetteren geen rekening gehouden met seizoensverschillen, daar in de zomermaanden het gas over het algemeen goedkoper is al gevolg van de kleinere vraag.

De mengkosten van 17,70 €/ton is inclusief 2,94 €/ton wat aan variabele gaskosten is begroot. Dit aandeel is dus 16,6%. Bij het begroten is uitgegaan van een van gasverbruik van 9,00 m³/ton. De begrote variabele kosten voor het gas bedragen dan 0,33 €/m³. Deze wijkt sterk af van de werkelijke kosten zoals deze gelden voor de maand mei. Dit zal voornamelijk komen door de manier van begroten (wat wel en wat niet is verrekend) en de variabiliteit in de kosten van het gas per maand.

6.2 Gassysteem ACH

Bij de ACH staan in totaal drie branders opgesteld die stoken op aardgas. De eerste brander wordt gebruikt voor de brander in de ‘witte’ trommel, de trommel waarin het nieuwe materiaal gedroogd en verwarmd wordt. De tweede brander is voor de ‘zwarte’ trommel, de trommel waarin het recycleasfalt wordt gedroogd en verwarmd. De derde en laatste brander wordt gebruikt voor het verwarmen van de thermische olie. Met behulp van thermische olie worden de bitumentanks verwarmd. De temperatuur van de bitumen ligt doorgaans tussen de 150°C en 170°C. Het verbruik van de deze brander is nagenoeg constant en bedraagt ongeveer 17 m³/uur. Tussen de hoofdleiding en de drie vertakkingen is een gasmeter geplaatst. Figuur 5 toont een schematische weergave van de opstelling.



Figuur 5: Schematisatie gassysteem

De vermogens van de drie branders staan in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9: Vermogens gasbranders

Brander	Vermogen in MW
Witte trommel	15,8
Zwarte trommel	8,0
Thermische olie/bitumen	0,32

Met de bekende vermogens kan het maximale theoretische gasdebiet bepaald worden. Hiervoor moet de gemiddelde verbrandingswaarde (stookwaarde) van aardgas ook bekend zijn. Deze bedraagt 35,17 MJ/m³ (Energieconsultant, 2014). Het debiet kan bepaald worden met de volgende formule:

$$Q = \frac{P}{H_b} * 3600 \quad (1)$$

Waarin:

Q: debiet aardgas in m³/uur

P: vermogen in MJ/s

H_b: stookwaarde aardgas in MJ/m³

In tabel 10 staat het debiet per brander en het totale debiet aangegeven. De gehele installatie kan dus (in theorie) 2469 m³/uur verbruiken.

Tabel 10: Theoretisch gasdebiet

Brander	Debiet in m ³ /uur
Witte trommel	1617,3
Zwarte trommel	818,9
Thermische olie/Bitumen	32,8
Totaal	2469

Tussen de hoofdleiding en de drie vertakkingen is, zoals gezegd, een gasmeter geplaatst. Deze gasmeter meet het volume van het aardgas dat wordt afgenomen en drukt dit uit in kubieke meter (m³). Hoeveel aardgasmoleculen het gemeten volume werkelijk bevat is afhankelijk van de toestand van het gas. De temperatuur, de druk en compressibiliteit van het gas bepalen deze toestand (Kamstrup, 2008). Hoe hoger de druk en hoe lager de temperatuur, hoe meer aardgasmoleculen

passeren. De condities variëren over de tijd. De gasmeter beschikt over een elektronisch volume herleidingsinstrument (EVHI) om de condities bij het bedrijf om te zetten naar de referentieconditie. Op deze manier wordt het werkelijke, herleide verbruik bepaald. Voor het omzetten van het bedrijfvolume naar het herleide volume wordt de volgende formule gebruikt (Kamstrup, 2008):

$$V_b = V_m * \left[\frac{p}{p_b} * \frac{T_b}{T} * \frac{Z_b}{Z} \right] \quad (2)$$

Waarin:

V_b : hoeveelheid aardgas in m³ bij referentiecondities (herleid volume)
 V_m : hoeveelheid aardgas in m³ bij bedrijfscondities (niet-herleid volume)
 p : druk in bar van het aardgas dat de gasmeter passeert
 p_b : referentiedruk in bar
 T_b : referentietemperatuur in K
 T : temperatuur in K van het aardgas dat de gasmeter passeert
 Z_b : compressibiliteit van het aardgas bij referentiecondities
 Z : compressibiliteit van het aardgas bij bedrijfscondities

Deze formule kan worden vereenvoudigd door een herleidingsfactor C te introduceren, waarin de temperatuur, druk en compressibiliteit zijn opgenomen.

$$V_b = V_m * C \quad (3)$$

Waarin:

V_b : hoeveelheid aardgas in m³ bij referentiecondities (herleid volume)
 V_m : hoeveelheid aardgas in m³ bij bedrijfscondities (niet-herleid volume)
 C : herleidingsfactor

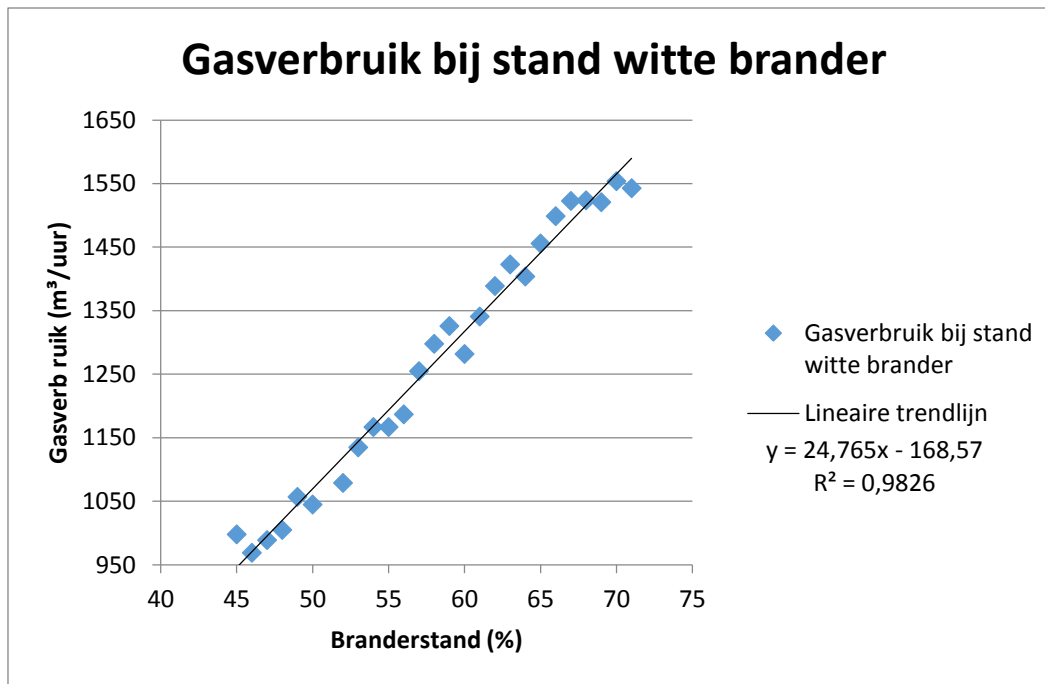
Bij de ACH wordt gebruikt gemaakt van een UNIGAS 300 meter. Op een display wordt het herleide en het niet-herleide volume aangegeven. Dit display toont echter slechts voor een beperkt aantal seconden de waarden. Daarna valt het beeld weg. Daarom is deze niet geschikt voor een registratie door middel van een video-opname. Ook een analoge meter is aanwezig. De analoge meter geeft het niet-herleide volume aan. Deze is wel geschikt voor een handmatige opname. Omdat zowel het herleide als het niet-herleide volume bekend zijn, kan de herleidingsfactor bepaald worden. Vervolgens kan het werkelijke verbruik op ieder tijdstip bepaald worden door de meterstand van de analoge meter te vermenigvuldigen met de herleidingsfactor. De herleidingsfactoren zijn opgenomen in bijlage E. Foto's van de meetopstelling staan in bijlage F.

6.3 Gasverbruik als gevolg van productieproces

In deze paragraaf wordt per observatieparameter (zie paragraaf 5.1) die gerelateerd is aan het productieproces, het gasverbruik inzichtelijk gemaakt en de koppeling gemaakt met de operationele werkwijze en de relatie toegelicht.

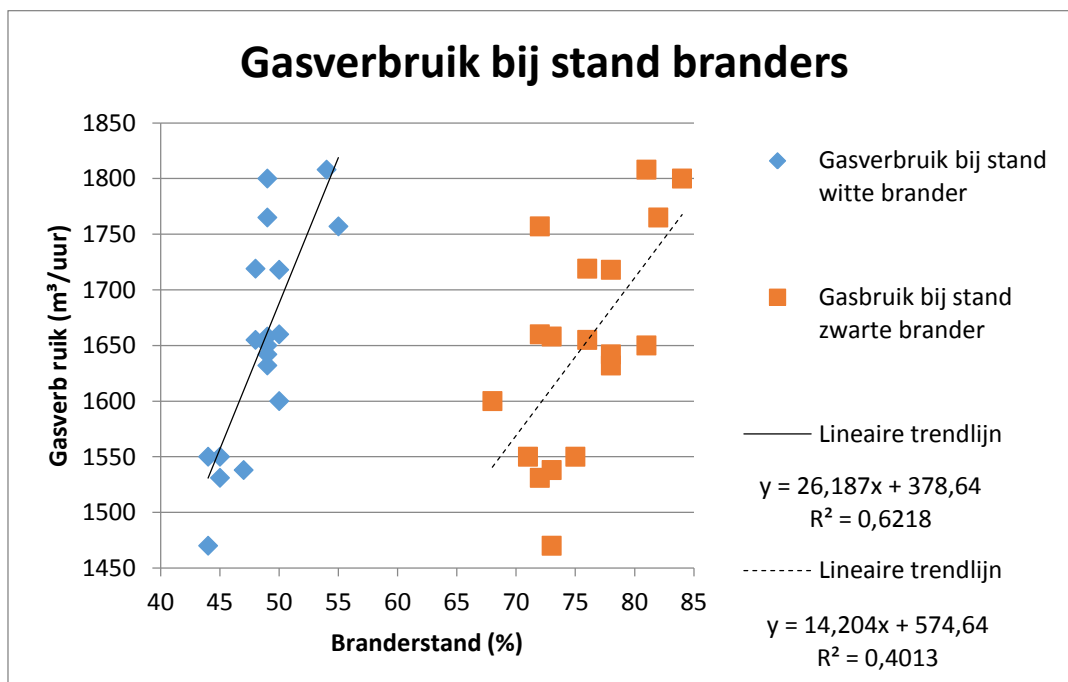
Stand van de branders

Bij elke stand van de brander geldt een specifiek gasverbruik. Bij de werkwijze bleek dat branderstanden van 45% tot 71% ingesteld waren. In figuur 6 is branderstand van de witte brander tegen het bijbehorende gasverbruik uitgezet. Op basis van de lineaire trendlijn kan gesteld worden dat bij een verhoging van de branderstand met 1% bijna 25 m³/uur extra verbruikt wordt. De range loopt van 950 m³/uur tot 1550 m³/uur. Deze ligt inderdaad onder het theoretische maximum verbruik van 1617,3 m³/uur.



Figuur 6: Gasverbruik bij stand witte brander

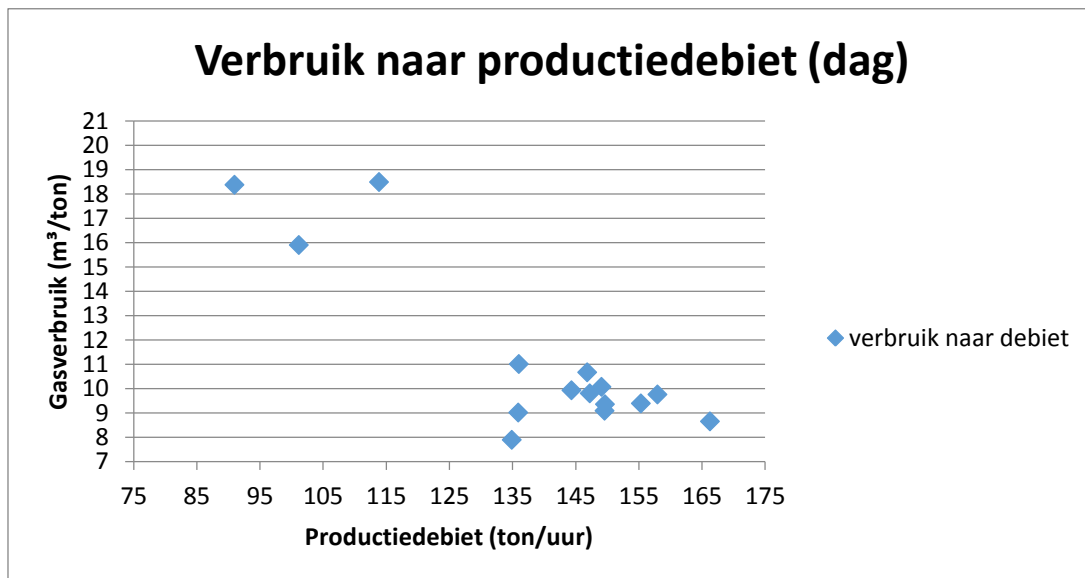
In tegenstelling tot de stand van de witte brander is het bij de combinatie van de standen van de witte én de zwarte brander niet exact duidelijk wat de gevolgen zijn voor het gasverbruik. In figuur 7 zijn de combinaties van de branderstanden weergegeven. Elk koppel correspondeert met een bepaald gasverbruik. De trendlijnen geven aan dat het verbruikt toeneemt bij toenemende branderstanden. Dit is logisch. Echter is het lastig om aan te geven *hoeveel* gas daadwerkelijk meer verbruikt wordt bij het verhogen van de branderstanden met 1%. Daarvoor zijn de trendlijnen niet representatief genoeg voor. De determinatiecoëfficiënten (R^2) bedragen respectievelijk 0,6218 en 0,4013. Pas bij een waarde > 0,7 kan een relatie als ‘sterk’ worden beschouwd (Doorn & Rhebergen, 2006).



Figuur 7: Gasverbruik bij stand witte en zwarte branders

Productiedebiet

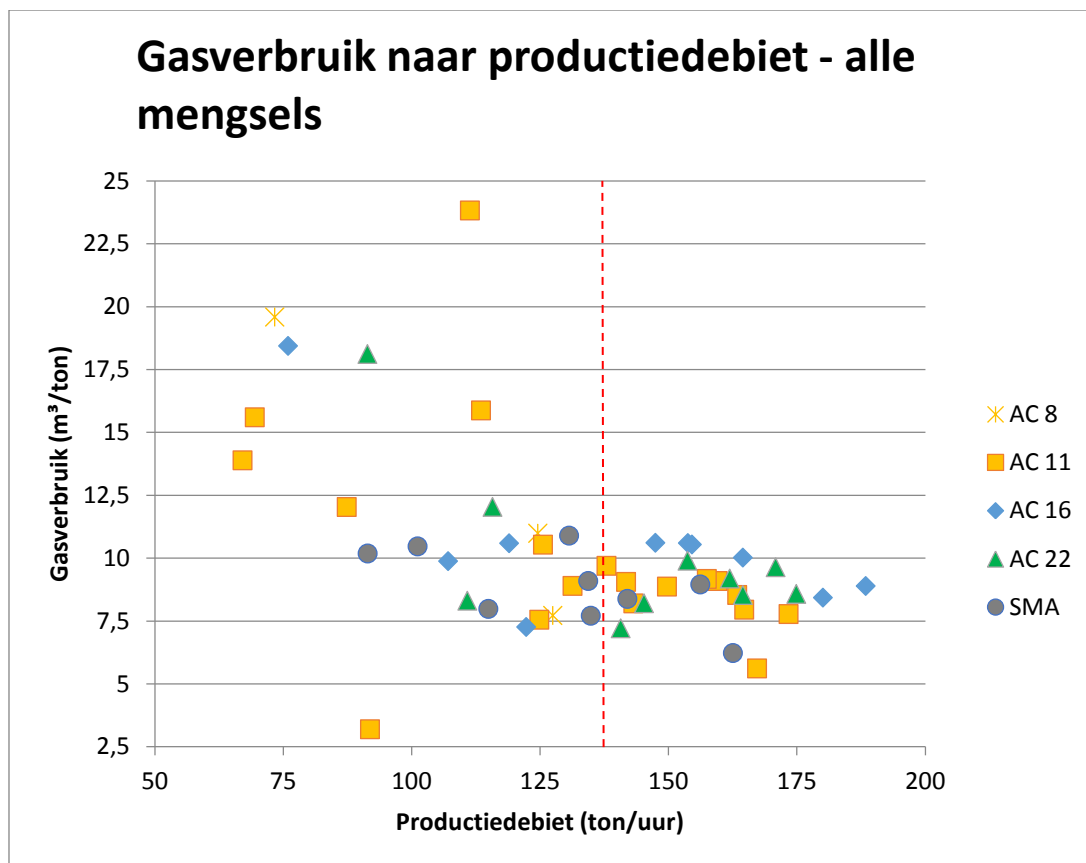
In figuur 8 staan de productiedebieten uitgezet tegen het gasverbruik in m³/ton. Het productiedebiet per dag is bepaald door de totale hoeveelheid tonnen wat per dag is geproduceerd te delen door de netto productietijd. Twee duidelijke puntenwolken kunnen worden waargenomen. Uit de figuur valt af te leiden dat vanaf een productiedebiet van ongeveer 135 ton/uur het gasverbruik onder de 11 m³/ton komt. Binnen de range van 145 tot 160 ton/uur ligt het verbruik ongeveer tussen de 9,0 en 10 m³/ton. Op basis van de drie meetpunten wordt duidelijk dat bij een productiedebiet tussen de 90 en 115 ton/uur het verbruik aanzienlijk hoger is.



Figuur 8: Verbruik naar productiedebiet (dag)

Net zoals voor de productiedebieten per dag, zijn ook de productiedebieten per mengsel berekend. Deze staan uitgezet tegen het bijbehorende gasverbruik per ton asfalt. Zie figuur 9. Uit deze figuur valt af te leiden dat vanaf een debiet van ongeveer 135 ton/uur het gasverbruik tussen de 7,5 en 10 m³/ton ligt. Daarvoor neemt het gasverbruik per ton sterk toe. Voor de relatie tussen het productiedebiet en het gasverbruik blijkt dat het type mengsel niet direct van belang is.

Uit de twee figuren wordt dus duidelijk dat bij een productiedebiet van ongeveer 145 ton/uur, berekend over de gehele dag, het gasverbruik onder de 10 m³/ton komt, terwijl dit bij het productiedebiet berekend per mengsel al bij ongeveer 135 ton/uur bereikt wordt. Dit is te verklaren omdat bij het productiedebiet op dagbasis relatief meer tijd is meegenomen die niet direct gebruikt wordt om te mengen. Dit betreft onder andere de tijd voor het opstarten en voor het wisselen tussen de mengsels. Als alleen naar de mengsels afzonderlijk wordt gekeken is deze tijd relatief kleiner, waardoor al bij een lager productiedebiet hetzelfde gasverbruik per ton wordt bereikt.



Figuur 9: Verbruik naar productiedebiet (mengsel)

Mengselwisselingen

Totaal zijn 37 mengselwisselingen uitgevoerd. Daarvan hebben 23 mengselwisselingen ‘naadloos’ plaatsgevonden, dat wil zeggen dat er geen tijd tussen het produceren van de mengsels zat. Bij 14 mengselwisselingen zat er wel tijd tussen. Dit wil overigens niet altijd zeggen dat er geen materiaal op de band lag. Het kan zo zijn dat al materiaal voor het nieuwe mengsel aangevoerd en gedroogd wordt en pas later gestart wordt met mengen. Op deze manier zit er wel tijd tussen de twee mengsels, maar deze tijd komt wel ten goede van de productie. Bij overschakelingen naar een ander type steenslag (Morene of Grauwacke) of naar een kleinere nominale korreldiameter is het goed mogelijk dat er wel tijd tussen de mengsels zit, zonder dat deze ten goede komt aan de productie. Dit omdat de steenslagen niet vermengd mogen worden. Omdat niet duidelijk is of er bij de tussentijden wel of geen materiaal op de band lag, moet men voorzichtig zijn met het trekken van conclusies.

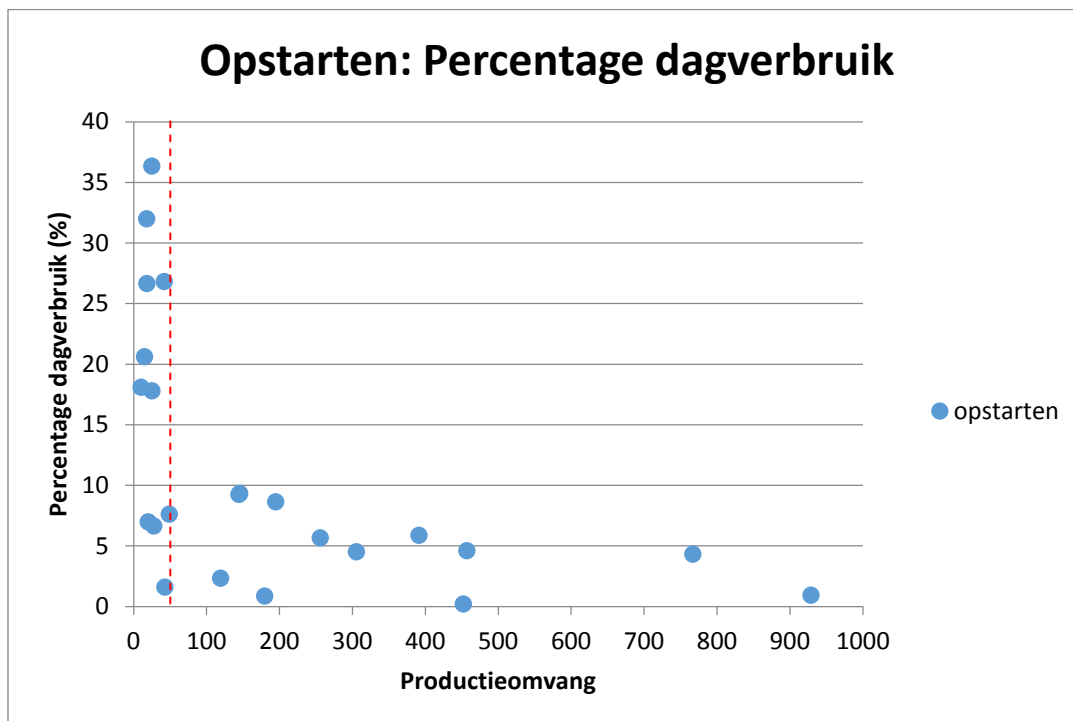
De totale tijd tussen de mengselwisselingen bedroeg 40 minuten en 14 seconden. Door de tijd van iedere mengselwisseling te vermenigvuldigen met het op dat moment heersende gasdebiet is het totale mogelijke gasverbruik als gevolg van mengselwisselingen bepaald. Deze bedraagt 617,83 m³. Gemiddeld komt het dan neer op 44,13 m³ gas per mengselwisseling. Zoals gezegd ligt het totale gasverbruik ten gevolge van mengselwisselingen zeer waarschijnlijk lager, omdat niet duidelijk is wanneer wel of geen materiaal op de aanvoerband lag en het aannemelijk is dat zeker niet bij alle gevallen geen aanvoer van materiaal plaatsvond.

Onvoorziene mengselwisselingen hebben geen extra invloed op het gasverbruik in vergelijking met reguliere mengselwisselingen. Dit omdat de mengselwisseling op zich niet anders is dan een reguliere mengselwisseling. Er komen geen extra handelingen aan te pas.

Starts en stops

Het (her)opstarten van de asfaltmenginstallatie heeft een aanzienlijke invloed op het gasverbruik. Het opstartproces is niet elke keer identiek. Het is geen vaste procedure waarbij elke keer eenzelfde hoeveelheid gas wordt verbruikt. Deze varieert afhankelijk van diverse variabelen, waaronder de benodigde begintemperatuur en de tijd tussen het heropstarten. Gemiddeld over 23 waarden was 99,04 m³ gas benodigd voor het opstartproces. Het minimum bedroeg slechts 5,98 m³, het maximum 322,51 m³.

Om deze waarden (en overige meetwaarden) meer betekenis te geven zijn ze in figuur 10 uitgezet als percentage van het totale gasverbruik van de productieserie na het (her)starten. De gemiddelde hoeveelheid gas die benodigd is voor het opstarten bedraagt 11,20% van het totale verbruik. Bij productieseries kleiner dan 50 ton bedraagt dit gemiddelde percentage 18,28%. Opgemerkt moet worden dat de waarde van 50 enigszins arbitrair is. Wel is duidelijk dat bij het opstarten van de installatie voor kleine hoeveelheden een relatief groot deel van het gasverbruik veroorzaakt wordt door alleen het opstarten.



Figuur 10: Opstarten - Percentage dagverbruik

Volgorde productie

In tabel 11 is uiteengezet wat de gevolgen zijn van de gehanteerde productievolgorde. Voor elk mengsel is bij elk batchnummer (1 t/m 7) het gemiddelde gasverbruik bepaald. Na een eventuele herstart van de installatie is opnieuw begonnen met het toekennen van een batchnummer. Zo bedraagt het gemiddelde gasverbruik bijvoorbeeld 8,22 m³/ton voor een AC 11 mengsel dat als derde is geproduceerd.

Tabel 11: Gasverbruik bij volgnummer productie

	Gas- verbruik (m ³ /ton)						
Mengseltype/ volgorde	1	2	3	4	5	6	7
AC 11	11,82	9,85	8,22	7,86	9,17	x	x
AC 16	18,44	8,57	x	x	x	x	x
AC 16 PR	10,59	9,90	8,89	x	10,61	x	x
AC 22	9,52	x	x	x	x	x	x
AC 22 PR	18,12	9,77	7,21	8,53	x	9,19	8,57
AC 8	15,29	x	x	7,72	x	x	x
SMA	9,25	6,23	9,08	x	x	x	x

Het lijkt dat het verbruikt afneemt naarmate het batchnummer hoger is. Opgemerkt dient te worden dat de tabel enigszins een vertroebeld beeld geeft, omdat bij sommige batchnummers het gasverbruik is bepaald aan de hand van één batch. Dit zijn voornamelijk de batches met een hoger batchnummer. Als het een kleine batch is, ligt het gasverbruik hoger (zie figuur 11). Hier moet rekening worden gehouden. Het 5^e batchnummer bij de AC 11 (verbruik van 9,17 m³/ton) betreft inderdaad een kleine batchgrootte (17 ton). Bij het 5^e batchnummer bij de AC 16 PR gaat dit echter niet op (70 ton). Bij de 'derde afwijking' gaat het bij het 6^e batchnummer van de AC 22 PR om een batchgrootte van 19 ton, wat mogelijk de 'afwijking' kan verklaren. De vierde en laatste 'afwijking' is het opvallend lage verbruik bij SMA met batchnummer 2. Het ging hier om een batchgrootte van 22 ton, maar de gemiddelde branderstand bedroeg slechts 43%. Dit verklaart waarschijnlijk het lage verbruik.

Twee van de vier 'afwijkingen' op het dalende verbruik kunnen verklaard worden, waardoor het aannemelijk lijkt dat het verbruikt lager is bij een hoger batchnummer. Op basis van deze gegevens (aantal metingen) kan dit echter niet met zekerheid gesteld worden.

6.4 Gasverbruik als gevolg van product (asfaltmengsel)

In deze paragraaf wordt per observatieparameter (zie paragraaf 5.1) die gerelateerd is aan het product (asfaltmengsel), het gasverbruik inzichtelijk gemaakt en de koppeling gemaakt met de operationele werkwijze en de relatie toegelicht.

Type mengsel

In onderstaande tabel, tabel 12, staan het gemiddelde gasverbruik per type mengsel aangegeven. Duidelijk is dat er significante verschillen zijn tussen de mengsels. Zo verbruikt een AC 8 mengsel ruim 4,5 m³/ton meer dan een AC 22 mengsel. In de derde kolom zijn de kosten voor het gas opgenomen, bepaald aan de hand van de prijs die Enexis zal hanteren. In kolom vier staat de kostprijs op basis van de begroting. Kolom 4 bevat de totale mengkosten (zoals begroot), kolom 5 het aandeel van de gaskosten in de totale mengkosten.

Tabel 12: Verbruik en gaskosten per mengsel

Mengsel	Verbruik (m ³ /ton)	Kosten gas werkelijk (€/ton)	Kosten gas volgens begroting (€/ton)	Mengkosten o.b.v. begroting (€)	Aandeel gas in mengkosten begroot (%)
AC 8	12,77	2,58	4,17	18,92	22,05
AC 11	10,28	2,07	3,36	18,11	18,55
AC 16	8,57	1,73	2,80	17,55	15,96
AC 16 PR	10,21	2,06	3,34	18,09	18,45
AC 22	8,25	1,66	2,70	17,45	15,45
AC 22 PR	8,95	1,81	2,92	17,67	16,55
SMA	9,11	1,83	2,98	17,73	16,79

Een duidelijke relatie bestaat tussen tabel 4 met de gemiddelde branderstand en bovenstaande tabel met het gemiddeld gasverbruik. Bij een hogere gemiddelde branderstand blijkt het verbruik ook hoger te zijn. Alleen de SMA mengsels wijken van dit patroon af. De branderstand is lager dan de branderstand bij AC 16 mengsels. Toch is het verbruik hoger. Dit kan alleen verklaard worden aan de hand van een niet-representatieve gemiddelde branderstand bij SMA mengsels, omdat er een directe relatie bestaat tussen het verbruik en de gastoevoer.

Gebruik van PR-asfalt

Het produceren van PR-asfalt heeft invloed op het gasverbruik. Bij productie met PR-materiaal ligt het gasverbruik 4% tot 19% hoger in vergelijking met de productie van hetzelfde mengsel zonder PR-materiaal. Drie mengsels zijn met PR-materiaal gedraaid. Dit zijn de AC 16 Bind TL-B met 55% en de AC 22 Base OL-(i)B met 50% en 60%. In tabel 13 staat het gemiddelde gasverbruik van de mengsels met PR en het mengsel zonder PR.

Tabel 13: Gasverbruik productie met PR

	Gasverbruik zonder PR (m ³ /ton)	Gasverbruik met PR (m ³ /ton)	Verschil (%)
AC 16 Bind TL-B (55%)	8,57	10,21	19
AC 22 Base OL-(i)B (50%)	8,25	9,32	13
AC 22 Base OL-(i)B (60%)	8,25	8,57	4

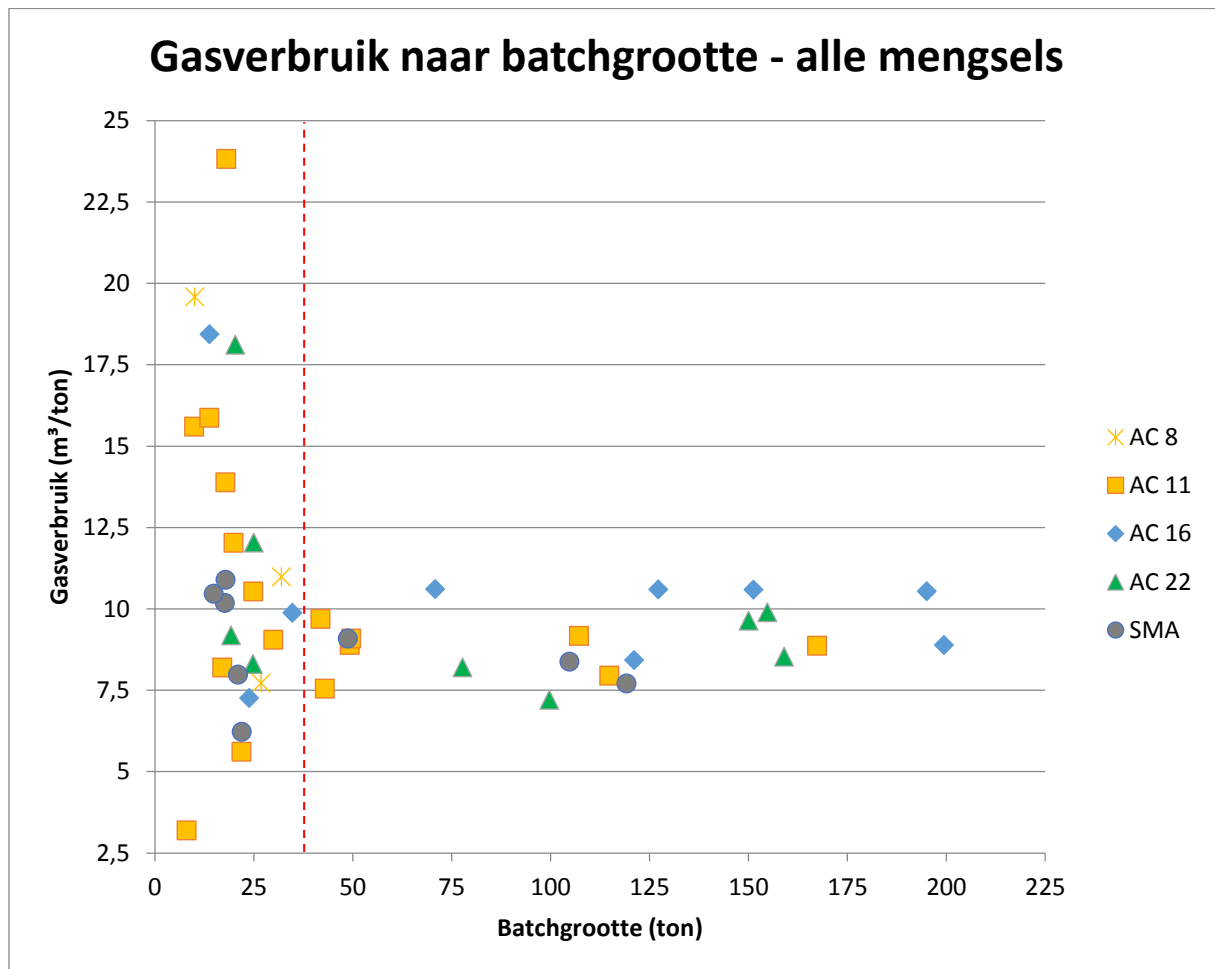
De verschillen in het gasverbruik moeten verklaard worden aan de hand van de verschillen in korreldiameter en percentage van het witte materiaal. Het gebruik van PR-asfalt op zich zou geen invloed moeten hebben op het gasverbruik, omdat het droogproces van het recycleasfalt los staat van het percentage PR-materiaal. De dosering vindt namelijk pas na het droogproces plaats.

Bij het fijne mengsel (max. nominale korreldiameter van 16 mm.) blijkt het verschil in gasverbruik groter te zijn dan bij de grovere mengsels. Dit zou kunnen komen doordat fijn materiaal lastiger te drogen is. Tevens blijkt dat bij 60% PR het verbruik lager ligt dan bij 50% is. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in verhouding minder wit materiaal verwarmd moet worden. Het vermogen van de witte brander is bijna twee keer zo groot is dan die van de zwarte brander (respectievelijk 15,8 en 8 MW) en heeft dus in verhouding een veel grotere invloed heeft op het gasverbruik.

Productievolume per mengsel (batchgrootte)

Net zoals bij de totale productieomvang (per dag) kan ook per mengsel het verbruik inzichtelijk gemaakt worden. Figuur 11 geeft van alle geproduceerde mengsels (52) de batchgrootte weer, met het gasverbruik als afhankelijke variabele.

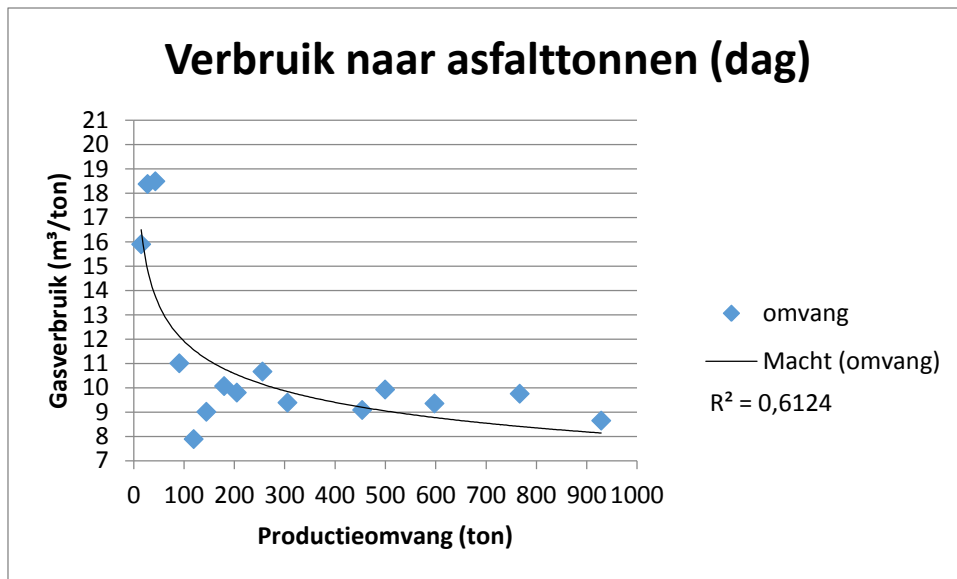
Wat opvalt, is dat bij batchgroottes groter dan ongeveer 35 ton het gasverbruik onder de 10 m³/ton komt, met uitzondering van de AC 16 mengsels. Daaronder neemt het gasverbruik in een aantal gevallen fors toe, met als maximum 23,82 m³/ton. De gestreepte verticale lijn geeft de grens weer. Toch zijn er ook 7 mengsels met een omvang < 35 ton waarbij het verbruik tussen de 7,5 en 10 m³/ton ligt. Onduidelijk is welke omstandigheden of factoren hieraan ten grondslag liggen.



Figuur 11: Verbruik naar batchgrootte

Productievolume totaal

In figuur 12 is de invloed van de productieomvang weergegeven. Het totale productievolume van de dag (som van alle afzonderlijke mengsels) is uitgezet tegen het gasverbruik per ton. Duidelijk wordt dat het verbruik afneemt naarmate er meer tonnen geproduceerd worden. Vanaf ongeveer 300 ton hebben alle meetwaarden een verbruik onder 10,0 m³/ton. Bij een productie lager dan 300 ton zijn er meetwaarden waarbij het verbruik hoger is dan 10,0 m³/ton. Volgens de trendlijn ($R^2 = 0,6124$, gegenereerd o.b.v. "best fit") zou bij een productie > 300 ton het verbruik onder de 9,0 m³/ton liggen. Hierbij geldt wel dat op basis van de determinatiecoëfficiënt gesteld moet worden dat het verband tussen de variabelen 'matig' is (Doorn & Rhebergen, 2006).



Figuur 12: Verbruik naar asfalttonnen (dag)

Asfalttemperatuur

Bij het observeren van de werkwijze bleek dat mengsels bij een gemiddelde temperatuur van 164°C zijn gemengd. De aanbevolen mengtemperatuur bedraagt 150 °C. Vanuit dit oogpunt gezien kan gesteld worden dat de mengsels te warm geproduceerd worden. Uit de verzamelde data kon niet direct een relatie gelegd worden tussen de branderstand (gastoevoer) en de temperatuur. Op basis van de verzamelde data is het dus niet mogelijk om uitspraken te doen hoeveel gas benodigd is om het mengsels met 1°C te doen laten stijgen. Met behulp van een aantal formules uit de thermodynamica kan wel een benadering gemaakt worden.

Om te berekenen hoeveel energie (en hoeveel gas) toegevoegd moet worden om de temperatuur met 1 °C te doen laten stijgen, kunnen de volgende formules 4 en 5 gebruikt worden. Met formule 4 (Harder, 2008) kan berekend worden hoeveel energie benodigd is. Met formule 5 hoeveel gas toegevoegd moet worden. Energie is benodigd om het mineraal op te warmen en het water te verdampen.

$$Q = m * c * (T_e - T_b) \quad (4)$$

Waarin:

Q: benodigde energie in J

m: massa te verwarmen stof in kg

c: specifieke warmtecapaciteit in J/kg°C

T_e: eindtemperatuur stof in °C

T_b: begintemperatuur stof in °C

$$V_{gas} = \frac{Q}{H_b} \quad (5)$$

Waarin:

V_{gas}: benodigde hoeveelheid gas in m³

Q: benodigde energie in MJ

H_b: stookwaarde aardgas in MJ/m³

Uitgangspunten voor de berekening:

Aandeel mineraal asfaltmengsel:	90%	
Vochtgehalte:	3%	
Begintemperatuur mineraal:	10 °C	
Specifieke warmtecapaciteit mineraal:	837 J/kg°C	(Harder, 2008)
Specifieke warmtecapaciteit water:	4185 J/kg°C	(Harder, 2008)
Verdampingswarmte water:	2256000 J/kg	(Harder, 2008)

Voor de productie van 1,0 ton asfalt bij een eindtemperatuur van 150°C is dan benodigd:

$$Q_{\text{mineraal}} = 0,9 * 1000 * 837 * (150 - 10) = 105462000 \text{ J} = 105,562 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{water}} = \frac{3}{100-3} * 0,9 * 1000 * (90 * 4185 + 2256000) = 73279948,45 \text{ J} = 73,28 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{totaal}} = 178,7419485 \text{ MJ}$$

Het totale volume benodigde gas volgt dan uit formule 5 en bedraagt 5,082 m³/ton.

Wanneer met een eindtemperatuur van 164°C gerekend wordt, komt het verbruik op 5,404 m³/ton.

Dus het gevolg van het met 14°C te warm produceren van het asfalt, is dat er per ton - theoretisch - 0,322m³/ton gas meer benodigd is. Dit komt neer op toename van het gasverbruik (ten opzichte van het verbruik bij een asfalttemperatuur van 150 °C) van 2,6 tot 4,1 %, afhankelijk van het mengsel. Op jaarbasis zal dit bij de begrootte productie van 135.000 ton een besparing van € 14.345,10 bewerkstelligd kunnen worden.

Overigens moet nog opgemerkt worden dat de waarden voor het gasverbruik laag uitvallen. Dit komt omdat onder andere het gasverbruik als gevolg van toetredende leklucht, uitstralingsverliezen en luchtvochtigheid in de verbrandingslucht niet zijn meeberekend (VBW-Asfalt, s.d.). Dit beïnvloedt het gasverbruik benodigd voor de toename in temperatuur echter niet, omdat deze los staan van de verwarming van het aggregaat.

Conclusies

In het kader van de Bachelor Eindopdracht is een studie verricht naar de werkwijze en het gasverbruik bij de Asphalt Centrale Hengelo. Het doel van dit onderzoek was het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen de werkwijze op de molen en de consequenties voor het gasverbruik en op basis hiervan aanbevelingen te doen om de energiekosten te reduceren. De hier te beantwoorden hoofdvraag voor dit onderzoek luidt:

“Hoe wordt het gasverbruik beïnvloed door de werkwijze bij de asphaltproductie en waar liggen mogelijkheden, gegeven de huidige installatie, om de kosten te reduceren?”

- **Literatuur en interviews: Belangrijkste parameters**

Voor de eerste deelvraag lag de focus op het vaststellen van de relevante parameters en processen bij de asphaltproductie. Hiervoor is een literatuurstudie uitgevoerd en zijn werknemers van de ACH geïnterviewd. Geconcludeerd kan worden dat er in de literatuur weinig bekend is over het gasverbruik. Een grote overlap zit in de genoemde parameters in de literatuur en de parameters die naar voren kwamen uit de interviews. Belangrijke parameters bij de asphaltproductie die relevant zijn voor het gasverbruik (en daarmee voor de mogelijkheden tot kostenreductie) zijn het vochtgehalte in het aggregaat als gevolg van de weersomstandigheden, de stand van de brander en daarmee de gastoevoer, het type asfaltmengsel en het wel of niet gebruiken van PR-materiaal, de uiteindelijke asfalttemperatuur en de omvang van de productie (zowel totale productieomvang als batchgrootte per mengsel). Daarnaast zijn karakteristieken van de volgende karakteristieken van het productieproces van belang: het productiedebiet, het aantal mengselwisselingen, het aantal starts en stops en tot slot de volgorde van de productie van de verschillende mengsels.

- **Werkwijze bij asphaltproductie**

Een selectie van de parameters gevonden bij deelvraag 1 en 2, uitgezonderd het vochtgehalte en de weersomstandigheden zijn over een periode drie week geobserveerd en vastgelegd. Tezamen geven de parameters een goed beeld van de werkwijze op de molen. Hier volgen de belangrijkste conclusies die de werkwijze karakteriseren. Wat betreft de keuze voor de energietoevoer en dus een bepaalde branderstand van de witte brander kan gesteld worden dat deze soms over een lange tijd constant wordt gehouden, maar soms ook binnen korte tijd vaak bijgesteld wordt. Er geldt geen vast protocol gegeven de omstandigheden. De gemiddelde branderstand is lager naarmate de nominale korreldiameter toeneemt. De branderstand van de zwarte brander wordt bijna zonder uitzondering op de automatische bediening gezet. Dit in verband met mogelijk brandgevaar. Er is geen real-time informatie over het verbruik van alle branders aanwezig.

Het type mengsel blijkt geen invloed te hebben op de operationele werkwijze. Deze is voor elk mengsel in de basis hetzelfde. Het aandeel PR in het mengsel beïnvloedt de werkwijze ook niet, daar de zwarte trommel altijd op deze wijze draait, onafhankelijk van het percentage. Vanwege diezelfde trommel wordt pas bij batchgroottes vanaf 100 ton met PR-asfalt gedraaid. Bij kleinere batchgroottes kan de gewenste eindtemperatuur niet bereikt worden. Zelfs bij batchgroottes groter dan 100 ton wordt de temperatuur met het witte materiaal gecompenseerd. Ook bij mengsels zonder PR-asfalt speelt de batchgrootte een rol. Bij kleine batchgroottes krijgt de operator weinig terugkoppeling over de temperatuur en is dan geneigd om de branderstand hoger te zetten om het mengsel in ieder geval niet met een te lage temperatuur te produceren. Het totale productievolume over de dag varieert zeer sterk, tijdens de meetperiode van 14 ton tot 929 ton. In principe wordt de werkwijze niet direct aangepast aan de hand van het totale productievolume, alleen neemt de continuïteit toe naarmate de omvang groter is. Wat betreft de aanvoer van materiaal en het daarvan afhankelijke productiedebiet kan gesteld worden dat er twee onderscheidende methodes zijn. Dit betreft het zogenaamde ‘draaien op de klep’ en het opbouwen van een materiaalvoorraad. Gesteld kan worden dat de laatste methode een gunstig effect heeft op het productiedebiet. Wat betreft de temperatuur

van het asfaltmengsel kan gesteld worden dat deze gemiddeld 164°C bedraagt, terwijl deze volgens de Bewijzen van Oorsprong slechts ± 150 °C hoeft te zijn. Over de mengselwisselingen kan geconcludeerd worden dat deze bij 23 keer (=62%) 'naadloos' plaats kon vinden en zodoende in ieder geval geen negatief effect hebben gehad op het gasverbruik. Niet bekend is of bij de overige mengselwisselingen materiaal op de aanvoerband lag of niet. Statistisch gezien heeft om de dag een extra start plaatsgevonden. In de helft van de gevallen ook voor kleine hoeveelheden (kleiner dan 50 ton). Duidelijk is ook dat geen vaste productievolvergadering wordt gehanteerd. Deze wordt bijna altijd bepaald aan de hand van de gestelde laadtijden van de vrachtauto's.

Per geobserveerde parameter worden hier de conclusies gerelateerd aan het gasverbruik gepresenteerd.

- **Grenswaarden gasverbruik < 10 m³/ton**

Parallel aan het observeren van de werkwijze is het gasverbruik geregistreerd. De koppeling tussen deze twee laat zien hoe het gasverbruik beïnvloed wordt. Duidelijke patronen zijn waar te nemen. Er is een duidelijke relatie tussen het productiedebiet en het gasverbruik. Het verbruik neemt af naarmate het debiet toeneemt. Bij een productiedebiet (op dagbasis) groter dan 145 komt het gasverbruik per ton 10 m³/ton. Bij een productiedebiet op mengselbasis komt men onder dit verbruik bij 135 ton/uur. Op basis van de verschillende geproduceerde hoeveelheden en corresponderende gasverbruiken kan gesteld worden dat bij batchgroottes > 35 ton onder de 10 m³/ton verbruikt wordt en dat bij productievolumes > 300 ton/dag onder de 10,0 m³/ton verbruikt.

- **Gasverbruik en aandeel in mengkosten**

Als gekeken wordt naar het gasverbruik van de mengsels afzonderlijk zijn duidelijke verschillen waar te nemen. Voor het produceren van AC 22 mengsels blijkt gemiddeld 8,25 m³/ton benodigd te zijn. Voor AC 8 mengsels is dit gemiddeld 12,77 m³/ton. Het gasverbruik voor AC 11, AC 16 en SMA mengsels liggen tussen de bovengenoemde waarden in. Het aandeel van de variabele gaskosten in de totale begrootte mengkosten varieert afhankelijk van het type mengsel tussen de 15,45% en 22,05%.

- **Opstarten van de installatie**

Ook zijn de gevolgen van het opstarten van de installatie duidelijk. Gemiddeld is 99,04 m³ gas benodigd voordat gestart kan worden met het mengen. Dit is (gemiddeld) 11,20% van het totale gasverbruik van een productieserie. Voor kleine productieseries (≤ 50 ton) is dit aandeel 18,28%.

- **Productievolvergadering en mengselwisselingen**

Wat betreft de volgorde van productie lijkt het aannemelijk dat het verbruik structureel afneemt naarmate het mengsel een hoger volgnummer heeft. De meest logische verklaring hiervoor is dat de installatie reeds is opgewarmd nadat de brander aan heeft gestaan en daardoor minder gas benodigd is. Het gasverbruik als gevolg van het wisselen van mengsel kan per wisseling gemiddeld 44,13 m³ bedragen, alhoewel het aannemelijk is dat deze waarde lager is omdat zeer waarschijnlijk niet bij elke mengselwisseling de aanvoerband leeg is geweest. Dit is echter niet duidelijk.

- **Gasverbruik: branderstand**

Bij de operator was niet bekend wat de implicaties waren voor het gasverbruik als de branderstand met 1% verhoogd wordt. Bij elke verhoging van 1% blijkt de witte brander bijna 25 m³/uur gas meer te verstoken. Bij de combinatie van de witte en zwarte brander is niet duidelijk hoeveel extra gas verbruikt wordt bij verhoging van de branderstanden. De operator beschikt niet over een real-time weergave van het gasverbruik, uitgesplitst naar de drie branders.

- **Verlagen temperatuur**

Met het verlagen van de asfalttemperatuur van 164 naar 150 graden kan in theorie 0,322 m³/ton bespaard worden. De vraag hierbij wel is of deze potentiële kostenreducering opweegt tegen de (te verwachten) slechtere verwerkbaarheid van het asfalt.

- **Vochtgehalte**

Tot slot een belangrijke kanttekening die bij de resultaten van het gasverbruik geplaatst dient te worden. Bij het onderzoek zijn geen vochtgehalten bepaald, hoewel deze wel invloed hebben op het verbruik. Bij elke toename van het vochtgehalte met 1% zou 10% meer energie benodigd zijn. Bij dit onderzoek is er impliciet vanuit gegaan dat alle geproduceerde mengsels hetzelfde vochtgehalte hadden. Dit zal niet het geval geweest zijn. Hoe groot de onderlinge verschillen zijn geweest is echter niet duidelijk. Sterk variërende vochtgehalten kunnen het onderzoek hebben beïnvloed en wellicht zelfs de resultaten hebben “overschaduwd”, indien de vochtgehalten sterk schommelden en de benadering van een toename in energie met 10% blijkt te kloppen.

In het hoofdstuk ‘Aanbevelingen’ zal worden ingegaan op de mogelijkheden hoe de energiekosten kunnen worden beperkt.

Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen van het onderzoek kunnen een aantal aanbevelingen worden opgesteld. Naast aanbevelingspunten voor de ACH zullen ook enkele aanbevelingen voor toekomstig onderzoek worden gegeven. De volgorde van de aanbevelingen is gebaseerd op de conclusies, zodat voor zover mogelijk een directe relatie bestaat tussen een conclusie en de daaropvolgende aanbeveling. Echter komt niet uit elke conclusie een aanbeveling voort.

1. **Produceren boven genoemde grenswaarden**

Wat betreft het productieproces moet gestreefd worden om boven de hier genoemde grenswaarden te blijven, om zodoende onder het gasverbruik van 10 m³/ton te blijven en zodoende de kosten te beperken:

- Batchgroottes > 35 ton
- Productievolume per dag > 300 ton
- Productiedebiet per mengsel > 135 ton/uur
- Productiedebiet per dag > 150 ton/uur

2. **Bewustwording bij aannemers creëren en aanpassen kostenmodel**

Omdat de ACH zelf geen invloed heeft op de batchgroottes en productiedebiet (tenzij batches van hetzelfde mengsel gecombineerd kunnen worden) zou in ieder geval met de aandeelhoudende aannemers TWW en Reef Infra besproken kunnen worden wat de consequenties zijn van het produceren van kleine hoeveelheden asfalt. Op deze manier wordt in ieder geval een stukje bewustwording bij de aannemers gecreëerd. Een volgende stap zou zijn om het kostenmodel van de ACH aan te passen waarbij met de bepaling van de kostprijs rekening wordt gehouden met de grootte van het mengsel. Op deze manier laat met het principe gelden dat de 'vervuiler' betaalt. Dit geldt eveneens voor het herstarten van de installatie. Ook daarvoor zou het kostenmodel aangepast kunnen worden.

3. **Verschillende kostprijzen en verkoopprijzen per mengsel hanteren**

Aangezien duidelijk is geworden dat het gemiddelde gasverbruik per mengseltype aanzienlijk verschilt (en daarmee het aandeel in de mengkosten), is het aan te bevelen om hier bij de kostprijsbepaling rekening mee te houden. Aan de hand hiervan kunnen ook wijzigingen de verkoopprijzen doorgevoerd worden. Drie van de zeven mengselgroepen (AC 16, AC 22 en AC 22 PR) hebben een verbruik lager dan de gebudgetteerde 9,0 m³/ton, bij de overige 4 (AC 8, AC 11, AC 16 PR en SMA) is het verbruik groter dan de 9,0 m³/ton. Bij de mengsels waar het werkelijke verbruik lager is dan het gebudgetteerde verbruik kan wellicht de verkoopprijs naar beneden bijgesteld worden. Mogelijk heeft dit dat een positief effect op de vraag naar dit type mengsel tot gevolg.

4. **Mengsel met hoger gemiddeld verbruik als laatste produceren**

Gebleken is dat het aannemelijk is dat mengsels met een hoger volgnummer in de productievolgorde minder gas verbruiken ligt het voor de hand om de mengsels die een hoger gemiddeld gasverbruik hebben zo laat mogelijk te produceren, opdat op deze manier het meeste gas en daarmee kosten bespaard wordt. Dit houdt in dat de mengsels met de kleinste korreldiameter als laatste geproduceerd dienen te worden.

5. **Welbewust de branderstand instellen**

Bij het observeren van de werkwijze bleek dat de branderstand – al dan niet bewust – op verschillende standen wordt gezet en soms binnen een kort tijdsbestek veelvuldig omhoog en/of omlaag wordt gezet. Aanbevolen wordt om zeker nu welbewust een branderstand in te stellen, daar waar nu duidelijk is dat elke verhoging met 1% een extra gasverbruik van 25 m³/uur tot gevolg heeft.

6. Plaatsen van additionele gasmeters

De zesde aanbeveling is om te kijken of het mogelijk is om bij elke brander een afzonderlijke gasmeter te plaatsen, zodat een exact beeld gevormd kan worden wat het verbruik van elke brander is. Zeker voor de zwarte brander is dit nu niet duidelijk. Tevens zou gekeken kunnen worden naar de mogelijkheden om het actuele verbruik middels een display aan de operator te tonen, zodat de gegevens over het verbruik ook direct bij de operator bekend zijn.

7. Onderzoek naar verwerkbaarheid t.b.v. verlagen asfalttemperatuur

Zoals gesteld zou met de verlaging van de temperatuur van het asfalt € 14.345,10 bespaard kunnen worden. De aanbeveling luidt om te onderzoeken wat de ideale verwerkingstemperatuur van elk mengsel is en of deze mogelijke besparing te rechtvaardigen is met het oog op de verwerkbaarheid. Hiervoor zou ook met de aannemers overlegd moeten worden.

8. Vervolgonderzoek - vochtgehalte

Dit onderzoek zou - indien mogelijk qua tijd en personele capaciteit - uitgebreid kunnen worden door ook het vochtgehalte in het aggregaat te bepalen. Uit het onderzoek zou dan duidelijk moeten worden wat specifiek bij de ACH de impact is van het vochtgehalte. Dan kan ook geverifieerd worden of een bij toename van het vochtgehalte 1% daadwerkelijk 10% meer energie benodigd is.

9. Vervolgonderzoek – vernieuwen installatie

De laatste aanbeveling is om onderzoek te verrichten naar de mogelijkheden tot energiereductie door te investeren in nieuwe technieken en installaties. Bij dit onderzoek is de huidige installatie opgenomen binnen het projectkader en is dus niet gekeken naar nieuwe technieken en installaties. Door te onderzoeken welke aanpassingen gunstig zouden zijn voor het gasverbruik en of deze aanpassingen rendabel zijn, zou aan de hand van de resultaten van dit (toekomstige) onderzoek een verdere stap naar energiereductie en daarmee kostenreductie gemaakt kunnen worden.

Reflectie

De bedoeling van dit hoofdstuk is om persoonlijk kort terug te kijken op het verloop van het onderzoek en aan te geven wat goed verliep en waar knelpunten optraden. Daarnaast volgen een aantal aandachtspunten voor de onderzoeksmethode bij een eventuele uitbreiding van dit onderzoek.

Gesteld kan worden dat het uitvoeren van het onderzoek goed is verlopen. Gelijk in de tweede week kon begonnen worden met het afnemen van de interviews. Zodoende was in het beginstadium al relatief veel informatie beschikbaar. Het afnemen van de interviews ging naar mijn idee goed. Soms zat er wat overlap in de antwoorden of werd een antwoord gegeven die niet strikt bijdroeg aan de beantwoording van de gestelde vraag. Over de literatuurstudie kan gezegd worden dat voldoende informatie beschikbaar was. De grote overlap tussen de uitkomsten van de interviews en de literatuurstudie bevestigde dat een goed beeld was verkregen van de belangrijke parameters en processen.

Uit de gevonden parameters en processen is vrij snel een selectie gemaakt. Een tegenvaller was dat het vochtgehalte niet meegenomen kon worden in het onderzoek, omdat dit als een belangrijke parameter wordt beschouwd. Bij een overleg met de begeleiders is mij er op gewezen om dan uit te zoeken wat de consequenties voor het onderzoek zijn. In de literatuur is gevonden wat de gevolgen voor het energieverbruik zijn bij verschillende vochtgehaltenes.

Na het selecteren van de parameters is gekeken naar de mogelijkheden om de gegevens over het gasverbruik digitaal aangeleverd te krijgen. Het elektronisch volumeherleidingsinstrument (EVHI) slaat per 5 minuten de meterstand op. Getracht is om deze waarden aangeleverd te krijgen. Eerst is de leverancier van het gas (Enexis) benaderd. Enexis heeft vervolgens een document met de uurwaarden opgestuurd. Deze waren voor het onderzoek niet bruikbaar. Vervolgens is contact opgenomen met de leverancier van de meetapparatuur (Kamstrup). Deze verwees echter weer naar de energieleverancier. Vervolgens is het meetbedrijf van Enexis, Fudura, benaderd. Zij gaven aan dat ze enkel de uurwaarden konden aanleveren. Na deze poging is gestopt met het proberen van het verkrijgen van digitale data. Daarom zijn de meterstanden met de timelapse-camera vastgelegd, zoals ook initieel het plan was. Echter heeft het veel tijd gekost om de beelden van de timelapse camera om te zetten. Het voordeel van het gebruik van de timelapse-camera is wel dat elke seconde de meterstand vastgelegd wordt. Zo kan nauwkeuriger het verbruik bepaald worden.

Het observeren van de werkwijze is prima verlopen. Meestal was het relatief rustig, dat wil zeggen dat er weinig bijzonderheden en wijzigingen plaatsvonden die genoteerd diende te worden. Soms vonden meerdere wijzigingen binnen een kort tijdsbestek plaats. Echter konden alle bijzonderheden goed genoteerd worden. Bij het observeren is niet gelet of er daadwerkelijk materiaal op de band lag, terwijl dit wel belangrijk is bij het trekken van conclusies over de mengselwisselingen. Pas bij het verwerken van de gegevens kwam het besef dat deze informatie waardevol zou zijn geweest.

Op basis van drie testmetingen is besloten om daadwerkelijk door te gaan met het meten met behulp van de timelapse-camera en het observeren van de geselecteerde parameters. De resultaten van de drie metingen gaven voldoende vertrouwen om met dezelfde methode verder te gaan en de mogelijkheid zouden geven om voldoende relevante conclusies te trekken. Na drie weken gemeten te hebben gemeten te hebben blijf ik achter dit besluit staan.

Naar mijn idee heeft het onderzoek bruikbare resultaten opgeleverd voor de ACH. Er is nu een goed beeld gevormd wat betreft het gasverbruik gekoppeld aan de werkwijze. Persoonlijk had ik gehoopt wat meer mogelijkheden tot kostenreductie te benoemen, maar dit is lastig omdat de vraag naar asfalt sterk bepalend is en hier weinig aan veranderd kan worden.

Wat betreft de onderzoeksmethodiek kunnen een aantal aanbevelingen gedaan worden bij eventueel voorbereiding van dit onderzoek.

Vastleggen van de meterstanden

Het omzetten van de gasmeterstanden die vastgelegd zijn door een timelapse-camera is een tijdrovende bezigheid. De video-opname moet steeds op het juiste tijdstip stilgezet worden om vervolgens handmatig de meterstand in Excel in te voeren. Om de video op het juiste moment stil te zetten is een goede timing vereist. Een timelapse-camera die foto's in plaats van één video-opname vastlegt vergemakkelijkt het zoeken naar de meterstand op een bepaald tijdstip, mits de bestandsnaam het tijdstip van de opname bevat.

Een beter alternatief is echter om het vastleggen van de meterstanden te automatiseren, zodat de meterstanden niet handmatig ingevoerd hoeven te worden. Een mogelijke optie is het gebruiken van de zogenaamde EnyMate meetapparatuur, dat ook geschikt is voor het vastleggen van analoge meters (EnyMate BV, 2014). De leverancier stelt dat de meetapparatuur voor alle in Nederland beschikbare gasmeters, elektriciteitsmeters en watermeters gebruikt kan worden. Via verschillende sensoren (waaronder optische sensoren), een basisstation en een USB Bluetooth dongle kan de data met een softwarepakket verwerkt worden (Slegers, 2010). Het pakket kost €169,-.

Verwerken van data

Het verwerken van de data en het genereren van de grafieken is bij dit onderzoek met behulp van Microsoft Excel gedaan. Dit is een goed hulpmiddel bij het verwerken van de data, maar toch blijven er relatief veel handmatige bewerkingen over bij elke meetreeks, zoals het importeren van de data, het selecteren van gegevens etc. Voor een vervolgonderzoek zou een Matlab-script geschreven kunnen worden, waarmee alle data 'in één keer' verwerkt wordt, van het inlezen van de data tot het genereren van grafieken. Het script zou het dan mogelijk maken om vele meetreeksen snel te kunnen verwerken. Het opstellen van het Matlab-script zal initieel relatief veel tijd kosten, maar uiteindelijk zal het verwerken van de data waarschijnlijk efficiënter zijn.

Gebruik maken van camerabeelden

Op de belangrijkste onderdelen van de asfaltmenginstallatie zijn camera's gericht. Bij het een vervolgonderzoek zou gebruik gemaakt kunnen worden van de opnames. Dit is vooral een geschikt hulpmiddel bij het bestuderen van de mengselwisselingen. Op de aanvoerbanden naar de beide trommels zijn camera's gericht. Beelden kunnen uitsluitsel geven of bij mengselwisselingen wel of geen sprake was van aanvoer van materiaal en dus of er 'naadloos' geschakeld is of niet.

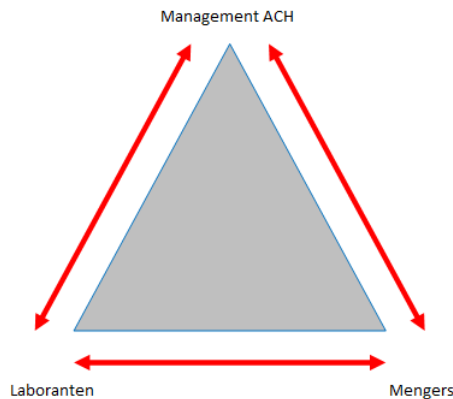
Bibliografie

- Ang, B., Fwa, T., & Ng, T. (1993). Analysis Of Process Energy Use Of Asphalt-Mixing Plants. *Energy*, 769-777.
- Asfalt Centrale Hengelo. (2014, April 11). *Over ACH*. Opgehaald van Asfalt Centrale Hengelo: http://www.achengelo.nl/?page_id=36
- Breijn Wegbouwkunde. (2011). *Asfaltmengsels Standaard RAW Bepalingen 2010*. Rosmalen: Breijn Wegbouwkunde.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2014, April 28). *Lengte van wegen*. Opgehaald van Statline: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=70806NED&D1=0&D2=0,3,13,42,69,92,264&D3=4,I&STB=G1,G2,T&CHARTTYPE=1&VW=T>
- (2007). CHAPTER 3 ASPHALT CONCRETE PLANTS.
- Doorn, P., & Rhebergen, M. (2006, December 15). *Correlatie en regressie*. Opgehaald van Leiden Univ.: <http://www.let.leidenuniv.nl/history/RES/stat/html/les10.html>
- Eeson, M. (2013). BATCH PLANT OPERATIONS AND COMPONENTS.
- Energieconsultant. (2014, Mei 6). *Overzicht gemiddelde verbrandingswaarde en gemiddelde aardgasequivalent*. Opgehaald van Energieconsultant: <http://www.energieconsultant.nl/marktinformatie-energiemarkt/technische-informatie-energie/tabel-overzicht-verbrandingswarmte-brandstoffen/>
- EnyMate BV. (2014, 07 21). *The best way to start saving energy is by getting to know your total usage*. Opgehaald van Enymate: <http://www.enymate.nl/english>
- Essent. (2013, Oktober 28). Leveringsovereenkomst Gas Variabel TTF 101.
- Essent. (2014, Mei 27). *Indexatie parameters*. Opgehaald van Essent: <https://www.essent.be/nl/industrie-en-overheid/producten/indexatie-parameters>
- Harder, G. (2008). Energy and Environmental Gains of Warm and Half-Warm Asphalt Mix: Quantitative Approach. *87th Annual TRB Meeting*, (p. 29).
- Jullien, A., Gaudefroy, V., Ventura, A., de la Roche, C., Paranhos, R., & Moneron, P. (2010). Airborne Emissions Assessment of Hot Asphalt Mixing. *Road Materials and Pavement Design*, 149-169.
- Kamstrup. (2008). *UNIGAS 300 Elektronisch volumeherleidingsinstrument voor alle toepassingen*. Doesburg: Kamstrup B.V.
- Nederlandse Emissieautoriteit. (s.d.). *Emissiehandel*. Opgeroepen op April 2, 2014, van Nederlandse Emissieautoriteit: <https://www.emissieautoriteit.nl/emissiehandel>
- Paranhos, R. S., & Petter, C. O. (2013). Multivariate data analysis applied in Hot-Mix asphalt plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 1-10.
- Peinaldo, Vega, d., Hernando, G., & Cruz, M. (2011). Energy and exergy analysis in an asphalt plant's rotary dryer. *Applied Thermal Engineering*, 1039-1049.
- Roos, H. (2004). Hergebruik méér dan lonend! *Asfalt*, 18-19.
- Rosenthal, H., & Dorenbosch, H. (2000). Nieuwe branderregeling. *Asfalt*, 12-14.

- Slegers, M. (2010, 07 26). *Hoe meet je het energieverbruik?* Opgehaald van Clear & Green Consultancy: <http://www.cleargreenconsultancy.nl/meetisweten/hoe-meet-je-het-energieverbruik/>
- TME. (2014, April 11). *Het productieproces van Asphalt*. Opgehaald van TME: <http://www.tme.nl/asfaltproductieproces/>
- TNO. (2006). *“Werk in uitvoering” - Op zoek naar mogelijke verbeteringen in de asfaltlogistiek*.
- Van der Spiegel, J. (2014, April 2). Processen bij de Asphaltcentrale Hengelo. (C. Arbeider, Interviewer)
- VBW-Asfalt. (2013). Asphaltproductie per jaar • 1950-2011.
- VBW-Asfalt. (s.d.). *De asfaltmenginstallatie - praktische wenken bij het produceren van asfalt*.
- Ventura, A., Jullien, A., Moneron, & Pierre. (2007). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons emitted from a hot-mix drum asphalt plant: Study of the influence from use of recycled bitumen. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 727-734.
- Vlaams Kenniscentrum Vito. (2013). *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor asphaltcentrales*. Mol: Vlaams Kennis Centrum BBT Vito.
- Young, T. (2008a). *Energy Analysis for Hot Mix Plants*. Overland Park, KS: T2ASCO LLC.
- Young, T. (2008b). Energy Conservation at the Plant. *Hot Mix Asphalt Technology*, pp. 29-39.

Bijlage A: Interviewprotocol en uitwerking

Om vanuit verschillende oogpunten inzicht te krijgen op de belangrijkste processen zijn er mensen uit de drie verschillende afdelingen van de organisatie geïnterviewd. Dit zijn het management, de laboranten en het uitvoerend personeel/mengers. De relatie tussen deze drie afdelingen zou geschematiseerd kunnen worden zoals weergegeven in figuur A1. De medewerkers zijn geïnterviewd aan de hand van het opgestelde interviewprotocol. De interviews zijn afgenomen in de tweede en derde week van het onderzoek. Door middel van het protocol zijn de interviews deels gestructureerd interviewprotocol. Echter is er ook ruimte voor eigen inbreng van de geïnterviewde en de mogelijkheid tot droogvragen van de interviewer.



Figuur A1: Relaties tussen afdelingen ACH

Interview bedrijfsleider

Doel van het interview is om de belangrijkste parameters in kaart te brengen zodat duidelijk is waar bij het observeren van de werkwijze op de molen op gelet moet worden.

Inleidende vragen

Wat is uw naam? *****

Wat is uw functie binnen de ACH? *Bedrijfsleider*

Methode van werken

Wat zijn uw taken voornaamste taken bij de ACH? *Het leiden van het bedrijf en alles wat daarbij komt kijken. O.a. planning, inkoop, overleg en aansturing.*

Hoe zou u de huidige methode van werken beschrijven? *Het gehele proces van asfaltproductie is vastgelegd in een handboek met procedures, al is deze wel gedateerd/deels achterhaald. In het handboek staan zaken over onder andere kwaliteitsborging, planning etc. Over het mengproces staat echter weinig omschreven. De productie gaat puur op basis van ervaring van de menger.*

Productieproces

Wat zijn voor u de belangrijkste indicatoren voor het uitvoeren van de werkzaamheden? *Bij de productie zijn de volgende zaken van belang: of er wel of geen PR-asfalt gebruikt wordt. Dit heeft implicaties voor de volgorde van productie. De steensoort, (type mengsel) aangezien niet elk mengsel dezelfde steenslag bevat en deze niet uitwisselbaar zijn. Het type bitumen en de kleur van het asfalt. Als een gemodificeerde bitumen gebruikt wordt, heeft dit implicaties voor de productie. De kleur van het asfalt heeft impact op de volgorde. Deze moet aan het begin geproduceerd worden, aangezien de menger dan nog schoon is.*

In hoeverre is het productievolume per dag en per mengsel van belang? *Het productievolume is van belang voor de continuïteit van de productie en de planning. Als asfalt 'zwart wordt gezet', dan is de*

bunkercapaciteit van belang en moet deze goed in de gaten gehouden worden. Het gereed product moet je wel kwijt kunnen wanneer geproduceerd wordt.

Welke processen of parameters kunt u beïnvloeden? *Weinig zaken zijn direct aan te passen. Flexibiliteit is een noodzaak. Zo ben je bijvoorbeeld afhankelijk van de technische specificaties/mogelijkheden van de installatie en de vraag vanuit de aannemers. Dit geldt bijvoorbeeld voor het gebruik van PR-asfalt. Onder de 100 ton kan niet met PR gedraaid worden, omdat het mengsel anders niet warm genoeg wordt. Wanneer de aannemers minder tonnen willen, maar toch met PR, dan is dit niet mogelijk.*

Op basis waarvan wordt de volgorde van productie bepaald? *De productievolgorde wordt bepaald op basis van de vraag van de aannemers. De starttijden van de asfaltploegen zijn daarin bepalend. De meeste ploegen beginnen rond 7 uur. De productiepiek ligt dan ook tussen 6 en 8 uur 's ochtends. Na 12 uur neemt de productie bij de ACH af. Toch is de productie vaak gebaseerd op ad-hoc beslissingen.*

Invloeden van buitenaf

Hoe groot acht u de invloed van buitenaf (opdrachtgever, wegenbouwer) op het productieproces?

De invloed van buitenaf is zeer groot. Er wordt wel gesteld dat de molen 'leading' is, maar dit is niet geheel waar. De aannemers bepalen veel. Zij wijzen de opdrachtgever aan als schuldige hiervoor, omdat zij zouden eisen dat op een bepaald moment begonnen moet worden.

Hoe wordt omgegaan met wijzigingen in de planning? *Wijzigingen worden daar waar mogelijk zo goed mogelijk opgenomen in de bestaande planning. Soms moet echter worden aangegeven dat een wijziging niet kan worden doorgevoerd. Toch wordt dan ook naar een alternatief gezocht. Door zelf proactief te zijn en de uitvoerders te bellen/te informeren kunnen een aantal zaken in een relatief vroeg stadium in de planning worden opgenomen. Flexibiliteit is wel geboden.*

Welke invloed heeft deze wijziging, volgens u, op het productieproces? *Dat is afhankelijk van het stadium waarop een wijziging bekend wordt.*

Energiereductie

Wat zijn volgens u de belangrijkste parameters en processen voor het gasverbruik? *Dit zijn er drie, te weten: vochtgehalte, batchgrootte en mengselwisselingen. Er is simpelweg veel energie nodig om het water uit de mineralen te verdampen. De batchgrootte is van belang voor de continuïteit van de productie. Het is beter om lange runs te doen in plaats van korte runs.*

In welke mate zijn deze parameters en processen aan te passen? *Deze zijn lastig aan te passen. Deze parameters zijn pas aan te passen indien de molen leading is en zelf de planningen voor TWW en Reef kan bepalen. Dan kunnen mengsels gecombineerd worden en in grotere batches geproduceerd worden. Door een stukje proactiviteit kunnen nog enige zaken aangepast worden.*

Waar liggen mogelijkheden om op het verbruik te beperken? *Door een goede planning en organisatie is nog wel wat te behalen. Meer structuur in het productieproces komt het gasverbruik ten goede. Niet de vele ad-hoc beslissingen. Continuïteit is belangrijk. Daarnaast zijn nog er nog mogelijkheden voor energiereductie wanneer de gehele keten van asfaltproductie bekeken wordt. Dus van het frezen van het oude asfalt tot het aanleggen van het nieuwe mengsel.*

LT- Asfalt

Wat zijn de belangrijkste zaken om rekening mee te houden met warm asfalt? *Belangrijk om te weten is dat LT-asfalt vooral commercieel aantrekkelijk is met de EMVI inschrijvingen e.d. Het concept is reeds 10 jaar oud, maar het wordt nog weinig toegepast. De prijs van LT-asfalt is hoger. De materialen zijn duurder, al zijn de energiekosten als het goed is lager. Daarnaast is het lastig om te produceren omdat het alleen aan het begin van de dag geproduceerd kan worden. Later is de installatie te heet om LT-asfalt te draaien.*

Interview menger 1

Doel van het interview is om de belangrijkste parameters en processen in kaart te brengen zodat duidelijk is waar bij het observeren van de werkwijze op de molen op gelet moet worden.

Inleidende vragen

Wat is uw naam? *****

Wat is uw functie binnen de ACH? *Hoofdmenger*

Methode van werken

Wat zijn uw taken voornaamste taken bij de ACH? *Het produceren van het asfalt met alles wat daarbij komt kijken.*

Hoe zou u de huidige methode van werken beschrijven? *Ervaring is een hele belangrijke factor. Op basis van verschillende indicatoren wordt de productie gestuurd. Dat is geen vast protocol, maar gaat op gevoel en ervaring en kennis hoe de installatie reageert.*

Productieproces

Wat zijn voor u de belangrijkste indicatoren voor het uitvoeren van de werkzaamheden? *De belangrijkste indicatoren zijn de temperaturen van de materialen bij uitloop van de trommel, de afgastemperaturen en de temperatuur van het doekfilter. Ook de onderdruk in de trommel is van belang. Op basis van al deze indicatoren wordt de stand van de brander bepaald. Dit wordt ook gestuurd met de afzuiging. Voor zwarte trommel is vooral de afgastemperatuur van belang, voor de witte trommel de temperatuur van de mineralen. Ten slotte is ook het contractverbruik zoals gesteld door Enexis van belang. Deze mag koste wat kost niet overschreden worden.*

Welke processen of parameters kunt u beïnvloeden? *De aanvoer van het materiaal kan aangepast worden. Bij het PR-asfalt is dit kritisch. De verblijftijd in de trommel kan aangepast worden, al is dit wel beperkt. Daarnaast natuurlijk de stand van de brander.*

Op basis waarvan wordt de volgorde van productie bepaald? *Hier spelen een aantal zaken. Bijvoorbeeld of een werk dichtbij of ver weg. Werken ver weg zijn eerder aan de beurt. Daarnaast wordt gekeken naar de mengsels met of zonder PR. Waar mogelijk worden eerst de mengsels zonder PR-gedraaid. Overleg is erg belangrijk.*

In hoeverre is het productievolume per dag en per mengsel van belang? *De batchgrootte wel van belang. Kleine hoeveelheden zijn lastig te produceren. Dit komt omdat je niet echt een idee hebt wat je aan het doen bent. De installatie verschaft dan weinig informatie, ook als gevolg van het feit dat er al materiaal 'onderweg is'. Bij kleine hoeveelheden is dit aandeel groot.*

Invloeden van buitenaf

Hoe groot acht u de invloed van buitenaf (opdrachtgever, wegenbouwer) op het productieproces? *Deze invloed is zeer groot. De molen is niet leading wat betreft de bedrijfsvoering. Communicatie met de andere partijen is zeer belangrijk. Op een werk zullen altijd calamiteiten blijven plaatsvinden. Die moeten wel opgelost worden en dat heeft implicaties voor het productieproces.*

Hoe wordt omgegaan met wijzigingen in de planning? *Er wordt altijd gekeken in hoeverre het zo goed mogelijk ingepast kan worden.*

Welke invloed heeft deze wijziging, volgens u, op het productieproces? *Dat is afhankelijk van het moment. Soms kan het moeiteloos aangepast worden, bijvoorbeeld als net op dat moment het type mengsel gedraaid wordt. Dan is de invloed beperkt. Soms is het lastiger en is de invloed groter.*

Energiereductie

Wat zijn volgens u de belangrijkste parameters en processen voor het gasverbruik? *Aantal starts en stops, vochtgehalte, de batchgrootte, totale productie en de mate van continuïteit. Daarnaast ook het PR-gehalte. Bij een percentage van 60% moet het witte materiaal een temperatuur van ongeveer 300 °C hebben, omdat anders de eindtemperatuur niet hoog genoeg is.*

In welke mate zijn deze parameters en processen aan te passen? *Veel zaken zijn niet aan te passen. De vraag vanuit de wegenbouwers is een belangrijke factor. Deze hebben veel invloed op het productieproces (omvang, continuïteit, wijzigingen). De aanvoer van materiaal kan deels aangepast worden. Dit moet dan vooral voortkomen uit de shovel- en kraanmachinist. Zij moeten het droge materiaal proberen aan te voeren.*

Welke parameters zijn niet te beïnvloeden? *Vocht en productieomvang. Daarnaast is het zo dat iedere schakel in het gehele wegenbouwproces zijn eigen belangen heeft. Deze belangen kunnen tegenstrijdig zijn. Bijvoorbeeld bij het frezen. Daar wordt het liefst zoveel mogelijk water bij gebruikt met het oog op stofontwikkeling en het slijten van de beitels. Voor de asfaltproductie is dit hoge watergebruik juist niet wenselijk, want zo krijgt het PR-asfalt een hoger vochtgehalte.*

Waar liggen mogelijkheden om op het verbruik te beperken? *Door een beter afstemming in de gehele keten. Ook wordt wel geëxperimenteerd met de afstelling van de vorken in trommel, om een zo goed mogelijk strooi patroon te krijgen waardoor de materialen zo goed mogelijk drogen.*

LT asfalt

Wat zijn de belangrijkste zaken om rekening mee te houden met warm asfalt? -

Hoe zou dit het gasverbruik beïnvloeden? *Hierover bestaan geen duidelijk beeld.*

Interview menger 2

Doel van het interview is om de belangrijkste parameters in kaart te brengen zodat duidelijk is waar bij het observeren van de werkwijze op de molen op gelet moet worden.

Inleidende vragen

Wat is uw naam? *****

Wat is uw functie binnen de ACH? *Shovelmachinist en menger*

Methode van werken

Wat zijn uw taken voornaamste taken bij de ACH? *Als shovelmachinist voornamelijk het aanvoeren van PR-asfalt. Als menger het produceren van het asfalt met alles wat daarbij komt kijken.*

Hoe zou u de huidige methode van werken beschrijven? *In principe wordt gewerkt op basis van een strak protocol in de vorm van een receptuur. In overleg met de laboranten vinden wel eens wijzigingen plaats. Bijvoorbeeld wat betreft de toevoeging van de soort PR-asfalt. Aanpassingen zijn dan praktisch van aard. Een voorbeeld is dat er soms een aantal 'resten' zijn. Dan wordt gekeken of het mogelijk is om binnen de bandbreedte die materialen toe te voegen.*

Productieproces

Wat zijn voor u de belangrijkste indicatoren voor het uitvoeren van de werkzaamheden? *Het vochtgehalte in het materiaal, in zowel de 'witte' als 'zwarte' grondstoffen zijn belangrijke indicatoren, alhoewel deze getallen niet bekend zijn. De afgastemperatuur is een indicatie op basis waarvan de brander aangepast kan worden. Andere indicatoren zijn het bitumentype en de gewenste asfalttemperatuur. Dit heeft implicaties voor de stand van de brander.*

In hoeverre is het productievolume per dag en per mengsel van belang? *Deze zijn in die zin wel van belang met het oog op 'vaste opstartkosten'. Bij een groter productievolume worden deze verspreid over meer tonnen.*

Welke processen of parameters kunt u beïnvloeden? *Het vochtgehalte zelf is niet te beïnvloeden, maar er kan wel rekening mee worden gehouden door zoveel mogelijk het droge materiaal toe te voegen. Dit begint al bij het opslaan van het materiaal. Als het oppervlak zo klein mogelijk is, wordt het vochtgehalte enigszins beperkt. Er moet gestart worden met zo droog mogelijk materiaal. Wat betreft de aansturing van de installatie kunnen eigenlijk twee dingen aangepast worden. Dat zijn de stand van de brander en de aanvoer van het materiaal. Als het erg nat is kan minder materiaal aangevoerd worden zodat het beter kan drogen. Dit heeft wel implicaties voor het productiedebiet.*

Op basis waarvan wordt de volgorde van productie bepaald? *De wegenbouwer geeft in feite de volgorde aan. Op basis van ervaringskennis wordt bepaald wat een goede volgorde is wat betreft de mengsels. Bijvoorbeeld eerst de productie van de een deklaag (zonder PR-asfalt), en daarna andere lagen met PR-asfalt zodat er 'warmte ingebouwd' wordt.*

Invloeden van buitenaf

Hoe groot acht u de invloed van buitenaf (opdrachtgever, wegenbouwer) op het productieproces?

De invloed is groot in de zin dat de aannemer in principe op een zeker moment een mengsel verwacht. Dit heeft invloed op de productietijd en productievolgorde.

Hoe wordt omgegaan met wijzigingen in de planning? *Wijzigingen worden getracht zo goed mogelijk op te nemen in de al geplande productie. Het is niet vaak zo dat een mengsel helemaal niet meer geproduceerd kan worden. Althans, een order wordt praktisch nooit geweigerd.*

Welke invloed heeft deze wijziging, volgens u, op het productieproces? *De invloed kan heel groot zijn, op zowel de kwaliteit van het mengsel als het gasverbruik. Dit is bijvoorbeeld afhankelijk van de verschillende temperaturen in de installatie en of de installatie nog in werking is ja of nee.*

Energiereductie

Wat zijn volgens u de belangrijkste parameters en processen voor het gasverbruik? *Dit zijn er vier, te weten: vochtgehalte, gradatie materiaal, het aantal starts en stops en het gebruik van PR-asfalt (percentage). Hoe hoger het vochtgehalte, hoe fijner de gradatie van het materiaal is en hoe meer starts en stops, des te hoger het energieverbruik.*

In welke mate zijn deze parameters en processen aan te passen? *Deze zijn lastig aan te passen. Het vochtgehalte kun je weinig aan doen. De gradatie van het materiaal komt voor uit het recept en is zodoende ook niet beïnvloedbaar. Het aantal starts en stops komt voort uit de wijzigingen in de productieplanning.*

Welke parameters zijn niet te beïnvloeden? *Dit kan geïnterviewde niet aangegeven, al zijn er volgens hem ongetwijfeld zaken die niet te beïnvloeden zijn.*

Waar liggen mogelijkheden om op het verbruik te beperken?

Gegeven de huidige installatie zijn de mogelijkheden voor energiereductie beperkt aldus de geïnterviewde.

LT- Asfalt

Wat zijn de belangrijkste zaken om rekening mee te houden met warm asfalt? -

Hoe zou dit het gasverbruik beïnvloeden? *Het gasverbruik bij de productie van LT-Asfalt zal wellicht iets lager liggen, maar door hogere materiaalkosten vanwege het bindmiddel zijn de totale kosten nog steeds hoger. Daardoor is LT-Asfalt momenteel niet echt reëel alternatief voor de huidige asfaltmengsels. Het hele concept staat nog in de kinderschoenen.*

Interview laborant

Doel van het interview is om de belangrijkste parameters en processen in kaart te brengen zodat duidelijk is waar bij het observeren van de werkwijze op de molen op gelet moet worden.

Inleidende vragen

Wat is uw naam? *****

Wat is uw functie binnen de ACH? Laborant

Methode van werken

Wat zijn uw taken voornaamste taken bij de ACH? *Het analyseren van asfaltmengsels in de breedste zin, door onder andere diverse testen uit te voeren.*

Hoe zou u de huidige methode van werken beschrijven? *Ervaring is een belangrijke factor. Door deze ervaring weet je wanneer je van bepaalde protocollen kan afwijken voor zover dat mogelijk is.*

Productieproces

Wat zijn voor u de belangrijkste indicatoren voor het uitvoeren van de werkzaamheden? *De vraag vanuit de wegenbouw is een belangrijke factor. Daarnaast is het gebruik van PR-asfalt belangrijk. Het recept is de basis. Afhankelijk van het type mengsel/soort laag kan een bepaalde hoeveelheid PR-asfalt toegevoegd worden. Elk type mengsel heeft een bepaald invloed op het verbruik. In grove mengsels zit minder vocht, maar het is lastiger te drogen. Er zijn wel tricky mengsels om te produceren. Vochtgehalte is een belangrijk punt, maar dat is een gegeven, een factor waar je niets aan kunt doen. Het zal altijd tussen ongeveer 5 en 8% zitten.*

Welke processen of parameters kunt u beïnvloeden? *De aanvoer van materiaal kan enigszins gestuurd worden, al ligt dit wel binnen een bepaalde range. De trommel moet wel een bepaalde vulling hebben om het materiaal te drogen. De doorlooptijd in de trommel kan wel iets aangepast worden, maar dit heeft wel gevolgen voor het drogen en verwarmen van het materiaal. Echt grote aanpassingen kunnen niet gemaakt worden.*

Op basis waarvan wordt de volgorde van productie bepaald? *De volgorde kan gesteld worden als een compromis tussen de wegenbouwer - die op een bepaald moment het asfalt moet hebben - en de meest logische volgorde wat betreft mengseleigenschappen en efficiëntie.*

In hoeverre is het productievolume per dag en per mengsel van belang? *Deze is van belang voor de vaste kosten. Natuurlijk wil je zoveel mogelijk per dag produceren en dan het liefst van één mengsel. Dat werkt het mooiste.*

Invloeden van buitenaf

Hoe groot acht u de invloed van buitenaf (opdrachtgever, wegenbouwer) op het productieproces? *Deze invloed is zeer groot.*

Hoe wordt omgegaan met wijzigingen in de planning? *Wijzigingen worden altijd zo goed mogelijk in de huidige planning ingepast. Maar dat lukt niet altijd.*

Welke invloed heeft deze wijziging, volgens u, op het productieproces? *Als gevolg van de wijzigingen moet worden vaak worden omgeschakeld. Dat heeft wel consequenties.*

Energiereductie

Wat zijn volgens u de belangrijkste parameters en processen voor het gasverbruik? *Dat zijn het vochtgehalte, het aantal starts en stops en mengselwijzigingen. De asfalttemperatuur heeft ook enige invloed. De bitumentemperatuur wat betreft opslag is nagenoeg constant.*

In welke mate zijn deze parameters en processen aan te passen? *Hier kan nauwelijks iets aangepast worden. Met aanvoer van PR-asfalt in de doseurs bestaat enige flexibiliteit. Droog materiaal kan dan eerst toegevoegd worden.*

Welke parameters zijn niet te beïnvloeden? *Dit zijn dus onder andere het vochtgehalte en de weersomstandigheden.*

Waar liggen mogelijkheden om op het verbruik te beperken? *Bezuinigingen moeten vooral bereikt worden in het voortraject. Overkapping van het materiaal is dan essentieel. Met de huidige installatie zal weinig te behalen zijn.*

LT asfalt

Wat zijn de belangrijkste zaken om rekening mee te houden met warm asfalt? *Voor LT-Asfalt moet zeoliet toegepast worden in plaats van gewone bitumen.*

Hoe zou dit het gasverbruik beïnvloeden? *Het gasverbruik zal wellicht iets lager liggen. Er zijn een paar proeven uitgevoerd, maar de cijfers en resultaten zijn bij geïnterviewde niet bekend en kan daarom weinig harde uitspraken doen.*

Bijlage B: Asfaltmengsels

In deze bijlage zijn de typen asfalt opgenomen die worden gedefinieerd in de RAW 2010. In de basis bestaan er vijf soorten asfaltmengsels. Dit zijn de AC SURF, AC BIND, AC BASE, SMA-NL en ZOAB. Surf is een deklaag, Bind betreft een tussenlaag en Base is een onderlaag. AC is een afkorting van Asphalt Concrete (Asfaltbeton). SMA staat voor Steenmastiek Asfalt en ZOAB voor Zeer Open Asfaltbeton. Binnen de soorten wordt een verdere opdeling gemaakt naar nominale korreldiameter (8, 11, 16, 22 of 32) en klasse (A,B,C en iB). Mengsels met een nominale korreldiameter van 32 mm worden bij de ACH niet geproduceerd. Figuur B1 geeft een overzicht.

Deklaag	AC	8	surf	DL-IB
	AC	8	surf	DL-A
	AC	8	surf	DL-B
	AC	8	surf	DL-C
	AC	11	surf	DL-IB
	AC	11	surf	DL-A
	AC	11	surf	DL-B
	AC	11	surf	DL-C
	AC	16	surf	DL-IB
	AC	16	surf	DL-A
	AC	16	surf	DL-B
	AC	16	surf	DL-C
Tussenlaag	AC	11	bind	TL-IB
	AC	11	bind	TL-A
	AC	11	bind	TL-B
	AC	11	bind	TL-C
	AC	16	bind	TL-IB
	AC	16	bind	TL-A
	AC	16	bind	TL-B
	AC	16	bind	TL-C
	AC	22	bind	TL-IB
	AC	22	bind	TL-A
	AC	22	bind	TL-B
	AC	22	bind	TL-C
Tussenlaag onder ZOAB	AC	16	bind	TDL-IB
	AC	16	bind	TDL-B
	AC	16	bind	TDL-C
	AC	11	bind	TLZ-IB
	AC	11	bind	TLZ-B
	AC	11	bind	TLZ-C
	AC	16	bind	TLZ-IB
	AC	16	bind	TLZ-B
	AC	16	bind	TLZ-C
	AC	22	bind	TLZ-IB
	AC	22	bind	TLZ-B
	AC	22	bind	TLZ-C
Onderlaag	AC	16	base	OL-IB
	AC	16	base	OL-A
	AC	16	base	OL-B
	AC	16	base	OL-C
	AC	22	base	OL-IB
	AC	22	base	OL-A
	AC	22	base	OL-B
	AC	22	base	OL-C
	AC	32	base	OL-IB
	AC	32	base	OL-A
	AC	32	base	OL-B
	AC	32	base	OL-C

Deklaag	SMA-NL	5	70/100
	SMA-NL	8A	70/100
	SMA-NL	8B	70/100
	SMA-NL	11A	70/100
	SMA-NL	11B	70/100
	ZOAB	11	70/100
	ZOAB	16	70/100

Figuur B1: Overzicht asfaltmengsels RAW 2010 (Breijn Wegbouwkunde, 2011)

Bijlage C: Niet geobserveerde parameters

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de parameters die niet meegenomen worden, waarom deze niet meegenomen en wat de eventuele consequenties hiervan kunnen zijn.

Vochtgehalte

Ondanks dat aangegeven wordt dat het vochtgehalte een belangrijke indicator is voor het vochtgehalte, is deze niet opgenomen in het observatieschema. Dit heeft praktische reden. Om een vochtgehalte te bepalen is het noodzakelijk om een monster te nemen net voordat het aggregaat in de trommel met brander gaat. Op elke andere plaats dan de loopband net voor de trommel heeft het aggregaat nog niet de juiste verhouding en dus het uiteindelijke vochtgehalte. Daarom heeft het geen zin om een monster te nemen van de opslagvakken en daarvan het vochtgehalte te bepalen. Het bepalen van het vochtgehalte voordat het materiaal de trommel ingaat is een relatief gevaarlijke handeling en moet snel plaatsvinden, omdat er een tijdelijke onderbreking in de materiaalaanvoer is. Daardoor wordt in de trommel geen warmte door het materiaal opgenomen en komt de warmte vrij in de 'open lucht'. Deze handeling kan alleen uitgevoerd worden door het personeel op de molen. Voor een goed beeld van het vochtgehalte moet deze handeling een aantal maal per dag uitgevoerd worden. Dit is in deze periode niet haalbaar. Het uitvoeren van deze handeling is dusdanig tijdrovend dat dit voor het personeel onmogelijk is om dit over een meetperiode van meerdere weken een aantal keer per dag een monster te nemen en daarvan het vochtgehalte te bepalen.

Over de periode van maart 2012 tot november 2012 heeft men bij de ACH wel een aantal vochtmetingen uitgevoerd. De monsters zijn genomen van de transportband ruim voordat het materiaal de trommel met brander inging. Op een dag is tenminste 1 monster afgenomen. Het maximum aantal monsters per dag is 4. De metingen zijn zowel uitgevoerd bij het PR-asfalt als het 'witte' materiaal. In totaal heeft men voor bepalen van het vochtgehalte in het PR-Alfalt op 55 dagen één of meerdere metingen uitgevoerd. Voor het 'witte' materiaal waren dit 29 dagen. In tabel C1 staan de belangrijkste bevindingen. Alle meetgegevens staan in bijlage D.

Tabel C1: Resultaten vochtbepaling 2012

	PR-asfalt	Wit materiaal
Gemiddeld vochtpercentage	3,2	2,7
Minimaal vochtpercentage	1,7	1,5
Maximaal vochtpercentage	5,7	5,6
Aantal meetdagen	55	29
Aantal gem. vochtpercentage $\pm$ 1%	45	22
Percentage metingen binnen $\pm$ 1%	82%	76%

Het niet meenemen van het vochtpercentage heeft wel consequenties. Young (2008a) stelt dat een reductie van het totale vochtgehalte met 1% ongeveer een energiereductie van 10% tot gevolg heeft. Zie hiervoor ook figuur C1. In de tabel C1 staat een compleet overzicht met de vochtpercentages van 1.0% tot 10.0%. Op basis van de gegevens van 2012, waar 82% en 76% van de meetwaarden binnen de range van $\pm 1\%$ blijft, kan gesteld worden dat het energieverbruik ongeveer een afwijking van 10% kan hebben.

% Moisture Before Change	% Moisture After Change																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
1.0	0%																		
1.5	8%	0%																	
2.0	15%	7%	0%																
2.5	21%	14%	7%	0%															
3.0	26%	19%	13%	6%	0%														
3.5	30%	24%	18%	12%	6%	0%													
4.0	34%	29%	23%	17%	11%	6%	0%												
4.5	38%	33%	27%	22%	16%	11%	5%	0%											
5.0	41%	36%	31%	26%	21%	15%	10%	5%	0%										
5.5	44%	39%	34%	29%	24%	20%	15%	10%	5%	0%									
6.0	47%	42%	37%	33%	28%	23%	19%	14%	9%	5%	0%								
6.5	49%	45%	40%	36%	31%	27%	22%	18%	13%	9%	4%	0%							
7.0	51%	47%	43%	38%	34%	30%	26%	21%	17%	13%	9%	4%	0%						
7.5	53%	49%	45%	41%	37%	33%	29%	25%	20%	16%	12%	8%	4%	0%					
8.0	55%	51%	47%	43%	39%	35%	31%	28%	24%	20%	16%	12%	8%	4%	0%				
8.5	57%	53%	49%	45%	42%	38%	34%	30%	27%	23%	19%	15%	11%	8%	4%	0%			
9.0	58%	55%	51%	47%	44%	40%	36%	33%	29%	26%	22%	18%	15%	11%	7%	4%	0%		
9.5	60%	56%	53%	49%	46%	42%	39%	35%	32%	28%	25%	21%	18%	14%	11%	7%	4%	0%	
10.0	61%	58%	54%	51%	48%	44%	41%	37%	34%	31%	27%	24%	20%	17%	14%	10%	7%	3%	0%

Figuur C1 Vochtgehalte en energieverbruik (Young, 2008b)

Indicatoren voor branderstand

Op basis van verschillende indicatoren stelt de operator op de molen de stand van de brander in. Soms wordt dit ook automatisch gedaan. De indicatoren waar de branderstand op afgestemd wordt, zijn de negatieve druk in de trommel, de mineraaltemperatuur, de afgastemperatuur en de temperatuur van het doekfilter. Omdat de stand van de brander soms juist automatisch aangepast wordt, heeft het nagenoeg geen zin om de waarden van de bovengenoemde indicatoren vast te leggen. Alleen de stand de branders zelf is opgenomen.

Brandstoftype en contractverbruik.

Het type brandstof kan invloed hebben op het energieverbruik, maar omdat het type brandstof bij de ACH vastligt – namelijk aardgas – hoeft hier geen aandacht aan geschonken te worden. Dit geldt ook voor het contractverbruik van 1748 m³/uur. Het is fungeert als randvoorwaarde.

Vulstof en bitumentemperatuur

Vulstof wordt koud toegevoegd en heeft derhalve geen impact op het gasverbruik. In theorie verlaagt het de temperatuur van het mengsel, maar dit is verwaarloosbaar. Dit geldt ook voor de bitumentemperatuur. De toevoeging van de bitumen bij een bepaalde temperatuur heeft een beperkte invloed op de uiteindelijke temperatuur van het mengsel. De temperatuur van het gereede product is wel relevant.

Weersomstandigheden

Weersomstandigheden zijn bij de asfaltproductie alleen relevant voor het vochtgehalte in het aggregaat. Daar het vochtgehalte niet bepaald kan worden bij het onderzoek, lijkt het ook weinig zinvol om de weersomstandigheden te bepalen. Er kan geen directe relatie gelegd worden tussen de weersomstandigheden en het vochtgehalte, omdat hier ook de manier van opslag hier een rol speelt.

In deze bijlage zijn de meetgegevens van de vochtbepaling in 2012 weergegeven. Per monster is de tijd van het nemen van het monster genoteerd met het bijbehorende vochtpercentage. Dit is zowel gedaan voor de nieuwe, witte materialen (tabel D1) als voor het PR-asfalt (tabel D2).

Wit Productie vochtbepaling					2012				
	monster 1		monster 2		monster 3		monster 4		
Datum	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	gem:
donderdag 30 augustus 2012	14:30	2,6							2,6
maandag 3 september 2012	8:30	2,3	9:45	2,2					2,3
maandag 10 september 2012	7:30	1,6	10:05	1,5	12:45	1,4			1,5
	9:00	2							2,0
	8:45	2,3	9:50	2,2					2,3
vrijdag 14 september 2012	13:00	5,6							5,6
maandag 17 september 2012	9:35	1,8	11:00	1,9					1,9
zaterdag 22 september 2012	9:30	1,5	10:00	1,6					1,6
maandag 24 september 2012	8:00	2,2	10:15	2,5	14:00	2,0			2,2
donderdag 27 september 2012	7:30	1,9	8:45	1,6					1,8
maandag 1 oktober 2012	9:30	1,5	11:00	1,5					1,5
woensdag 3 oktober 2012	8:30	2,2	9:00	2,2	15:00	2,7			2,4
vrijdag 5 oktober 2012	7:30	4,3							4,3
vrijdag 5 oktober 2012	13:00	3,5							3,5
dinsdag 9 oktober 2012	11:15	3,5							3,5
donderdag 11 oktober 2012	10:30	3,1	12:15	2					2,6
vrijdag 12 oktober 2012	9:40	2,8	9:45	3					2,9
maandag 15 oktober 2012	7:40	3,6	9:00	3,9					3,8
dinsdag 16 oktober 2012	13:30	4,5							4,5
woensdag 17 oktober 2012	6:45	2,6	9:15	2,6	11:00	2,6	14:00	2,7	2,6
donderdag 18 oktober 2012	7:30	2,8	13:00	2,1					2,5
maandag 22 oktober 2012	8:45	1,5	14:45	2,2					1,9
dinsdag 23 oktober 2012	7:30	2,1	11:30	2,4					2,3
woensdag 24 oktober 2012	10:00	2,1							2,1
dinsdag 30 oktober 2012	9:00	3,2							3,2
maandag 5 november 2012	7:00	2,8							2,8
maandag 12 november 2012	13:30	2,7							2,7
dinsdag 13 november 2012	7:15	3,3	11:00	2,2					2,8
woensdag 14 november 2012	7:15	2,6							2,6
	Gem	2,7069	Gem	2,21176	Gem	2,175	Gem	2,7	2,681896552
	Min	1,5	Min	1,5	Min	1,4	Min	2,7	1,5
	Max	5,6	Max	3,9	Max	2,7	Max	2,7	5,6
				Aantal tussen 1,68 en 3,68					22
				Aantal totaal					29
				Percentage					0,75862069
				Percengate afgerond					76%

Tabel D2: Vochtbepaling PR-asfalt

PR Productie vochtbepaling					2012				
	monster 1		monster 2		monster 3		monster 4		
Datum	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	Tijd	% Vocht	gem:
vrijdag 23 maart 2012	9:00	5,7							5,7
donderdag 29 maart 2012	11:00	2,8	12:15	3,2					3,0
vrijdag 30 maart 2012	6:30	5,3							5,3
dinsdag 10 april 2012	8:30	3,3							3,3
vrijdag 13 april 2012	9:45	4,5	11:00	3,9					4,2
maandag 16 april 2012	7:15	4,1	8:15	3,6	10:00	3,8	11:30	3,7	3,8
woensdag 18 april 2012	11:30	3,8							3,8
donderdag 19-04-2012	7:00	4,1	10:30	3,8					4,0
vrijdag 20-04-2012	7:00	3,1	10:00	3,4					3,3
maandag 23 april 2012	8:15	3,4	9:00	1,7	11:00	2,1			2,4
woensdag 25 april 2012	12:15	2,8	13:15	3					2,9
woensdag 25 april 2012	15:30	1,8							1,8
donderdag 26-04-2012	8:45	1,7	9:45		11:45	1,8	13:45	1,7	1,7
maandag 14 mei 2012	12:00	3,6							3,6
Dinsdag 15 mei 2012	8:15	3,1							3,1
maandag 4 juni 2012	7:15	3,7	8:00	3,4					3,6
Dinsdag 19 juni 2012	10:05	3,8	12:30	3,9	13:00	3,9			3,9
maandag 2-7-2012	8:00	3,4	9:30	4,1					3,8
dinsdag 3-7-2012	7:15	3,5	9:30	3,5					3,5
woensdag 4-7-2012	7:00	3,2	10:30	3,5					3,4
woensdag 4-7-2012					14:30	2,3	16:30	1,9	2,1
donderdag 5-7-2012	6:00	2,2	8:30	3,7	10:00	2,4			2,8
woensdag 18-7-2012	13:00	2,9	14:45	2,5					2,7
woensdag 29-08-2012	8:10	5	8:30	3,3					4,2
donderdag 30 augustus 2012	14:30	5,1							5,1
maandag 3 september 2012	8:30	3,3	9:45	3					3,2
dinsdag 4 september 2012	12:00	2,5							2,5
maandag 10 september 2012	7:30	2,7	10:05	3,5	12:45	3,5			3,2
dinsdag 11 september 2012	9:00	3,1							3,1
woensdag 12 september 2012	8:45	2,2	9:50	2,1					2,2
donderdag 13 september 2012	13:00	2,4							2,4
maandag 17 september 2012	9:30	2,2	10:50	2,9					2,6
maandag 24 september 2012	8:00	3,3	10:15	2,8	14:00	2,7			2,9
donderdag 27 september 2012	7:30	2,5	8:45	2,8					2,7
maandag 1 oktober 2012	9:30	2,4	11:00	2,3					2,4
woensdag 3 oktober 2012	8:30	3,2	9:00	2,7	15:00	2,6			2,8
vrijdag 5 oktober 2012	7:30	3,6							3,6
maandag 8 oktober 2012	13:00	3,9							3,9
dinsdag 9 oktober 2012	11:15	3,7							3,7
donderdag 11 oktober 2012	10:30	3,5	12:15	2,1					2,8
vrijdag 12 oktober 2012	8:30	3,6	9:45	3,4					3,5
maandag 15 oktober 2012	7:45	3,6	9:00	3,1					3,4
dinsdag 16 oktober 2012	13:30	2,4							2,4
woensdag 17 oktober 2012	6:45	2,4	9:15	3,3	11:00	2,9	14:00	3,1	2,9
donderdag 18 oktober 2012	7:30	2,6	13:00	3,7					3,2

maandag 22 oktober 2012	8:45	1,7	14:45	3,1					2,4
dinsdag 23 oktober 2012	7:30	2,4	11:30	1,5					2,0
woensdag 24 oktober 2012	10:00	2,3							2,3
dinsdag 30 oktober 2012	9:00	4,4							4,4
maandag 5 november 2012	7:00	3,9							3,9
maandag 12 november 2012	13:30	3,2							3,2
dinsdag 13 november 2012	7:15	2,9	11:00	4,1					3,5
woensdag 14 november 2012	7:15	2,5							2,5
woensdag 28 november 2012		2,5							2,5
donderdag 29 november 2012	9:45	3							3,0
	Gem	3,21852	Gem	3,12581	Gem	2,8	Gem	2,6	3,2
	Min	1,7	Min	1,5	Min	1,8	Min	1,7	1,7
	Max	5,7	Max	4,1	Max	3,9	Max	3,7	5,7
				Aantal tussen 2,2 en 4,2					45
				Aantal totaal					55
				Percentage					0,818181818
				Percengate afgerond					82%

Bijlage E: Overzicht herleidingsfactoren

In deze bijlage zijn de herleidingsfactoren opgenomen zoals deze gebruikt zijn om de gasstanden van de analoge meter om te rekenen naar het herleid (werkelijk) volume gas. Gemiddeld bedroeg deze 8.5342. Grote afwijkingen worden voornamelijk veroorzaakt door de temperatuur. De druk en compressiefactor zijn nagenoeg constant.

Tabel E1: Correctiewaarden gasmeting

Dag	Waarde
07-05-2014	8,5632
08-05-2014 <i>Meting 1</i>	8,5411
08-05-2014 <i>Meting 2</i>	8,5468
09-05-2014	8,5321
13-05-2014 <i>Meting 1</i>	8,6195
13-05-2014 <i>Meting 2</i>	8,5792
14-05-2014	8,5774
15-05-2014	8,5404
16-05-2014	8,5326
19-05-2014	8,4222
20-05-2014 <i>Meting 1</i>	8,5396
20-05-2014 <i>Meting 2</i>	8,5488
21-05-2014	8,5564
22-05-2014	8,3629
23-05-2014	8,5393
26-05-2014	8,5021
27-05-2014	8,5068
28-05-2014 <i>Meting 1</i>	8,5650
28-05-2014 <i>Meting 2</i>	8,5739

Bijlage F: Uitwerkingen productiedagen

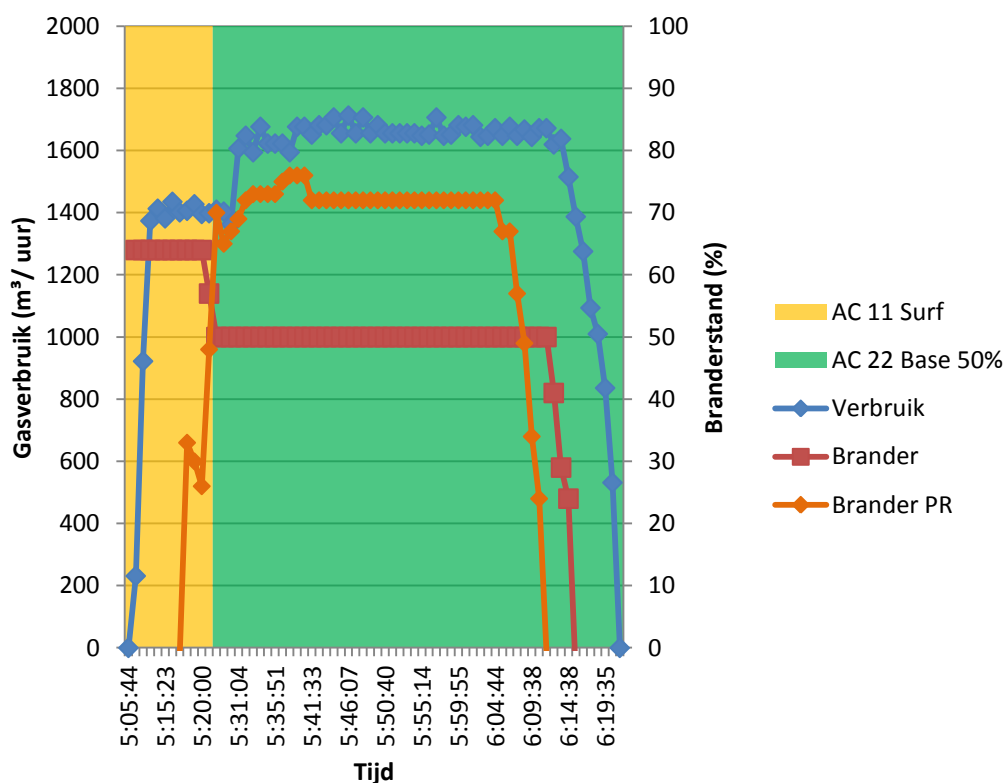
In deze bijlage zijn van alle meetdagen de productiegegevens opgenomen. Het betreffen totaalgegevens per dag en gegevens van de geproduceerde mengsels. Per dag is tenmiste één grafiek bijgevoegd waarin het verbruik is uitgezet tegen de branderstand en de productietijd van elk mengsel is gevisualiseerd.

07-05-2014

Datum	07-05-2014	07-05-2014
Mengsel	AC 11 Surf	AC 22 Base 50%
Batchgrootte (kg)	24868	154769
Productietijd	0:11:53	1:00:25
Productiedebiet (kg/uur)	125560,73	153701,63
Percentage PR	0	50
Temperatuur afgeleverd (°C)	161,24	166,13
Temperatuur vereist (°C)	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	277,5	1531,9565
Gasverbruik voor opstart (m ³)	15,41376	0
Gasverbruik (m ³ /ton)	10,5369921	9,8983419

Datum	07-05-2014
Aantal mengsels	2
Productieomvang	179637
Productietijd	1:12:18
Productiedebiet	149076,3485
Mengselwisselingen voorzien	1
Totaal aantal mengselwisselingen	1
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	1809,40416
Gasverbruik/ton	10,07255833

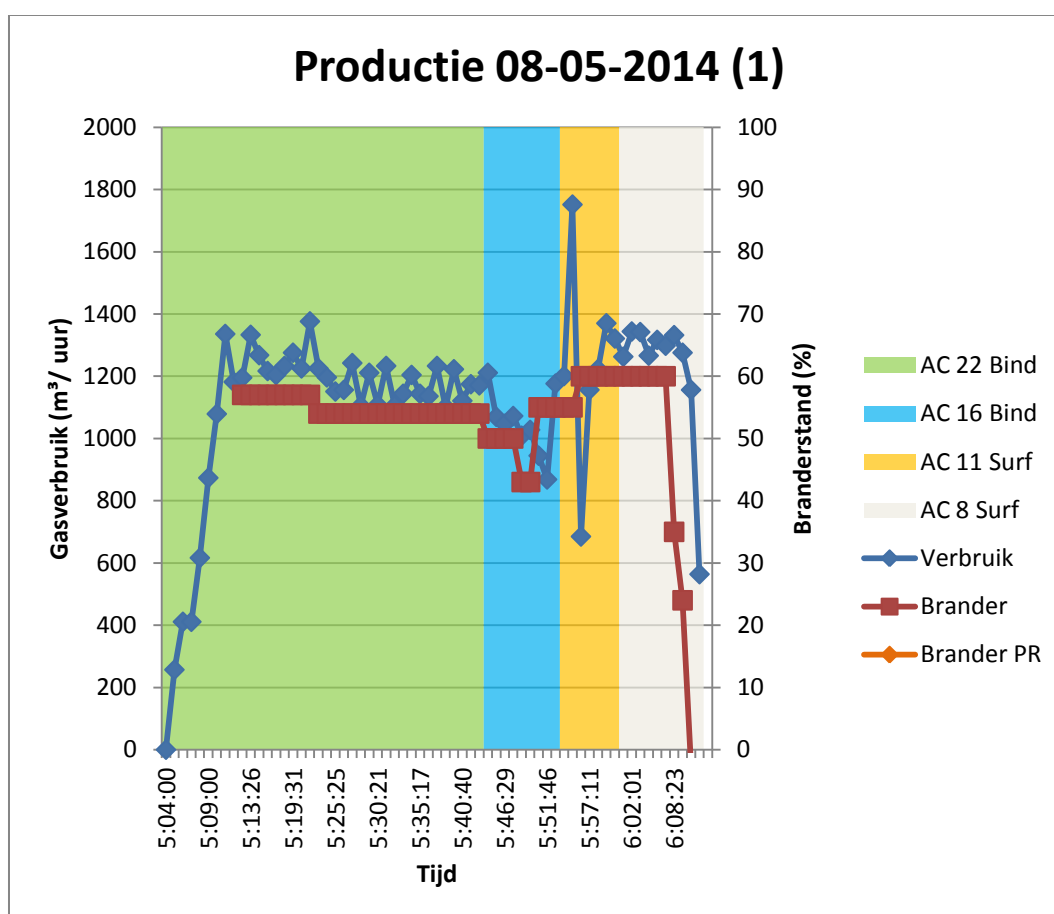
Productie 07-05-2014

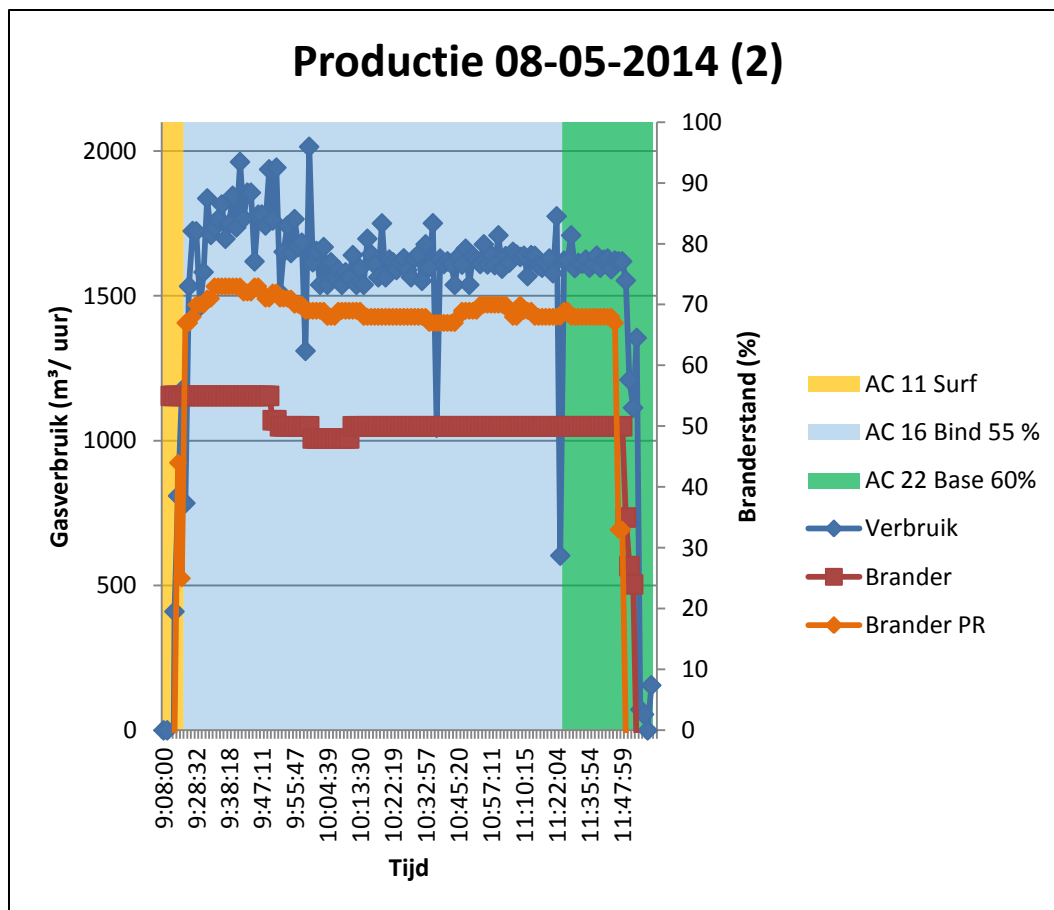


08-03-2019

Datum	08-05-14	08-05-14	08-05-14	08-05-14	08-05-14	08-05-14	08-05-14
Mengsel	AC 22 Bind	AC 16 Bind	AC 11 Surf	AC 8 Surf	AC 11 Surf	AC 16 Bind 55%	AC 22 Base 60%
Batchgrootte (kg)	77738	23813	17020	26838	9916	342470	99693
Productietijd	0:32:07	0:11:41	0:07:08	0:12:38	0:08:34	2:04:56	0:42:31
Productiedebiet (kg/uur)	145229,27	122292,15	143158,88	127462,80	69450,58	164473,32	140687,89
Percentage PR	0	0	0	0	0	55	60
Temperatuur afgeleverd (°C)	164,4	172,7	141,8	162,9	142,5	167,4	170,4
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	756,98688	172,97664	139,58016	207,22944	163,2439	3432,39488	718,78588
Gasverbruik voor opstart (m³)	119,02848	0	0	0	8,5468	0	0
Gasverbruik (m³/ton)	8,20651933	7,2639583	8,2009495	7,7214934	15,60075	10,0224688	7,20999348

Datum	08-05-2014
Aantal mengsels	7
Productieomvang	597488
Productietijd	3:59:35
Productiedebiet	149631,8
Mengselwisselingen voorzien	5
Totaal aantal mengselwisselingen	6
Starts en stops	1
Gasverbruik totaal	5591,198
Gasverbruik/ton	9,357841095



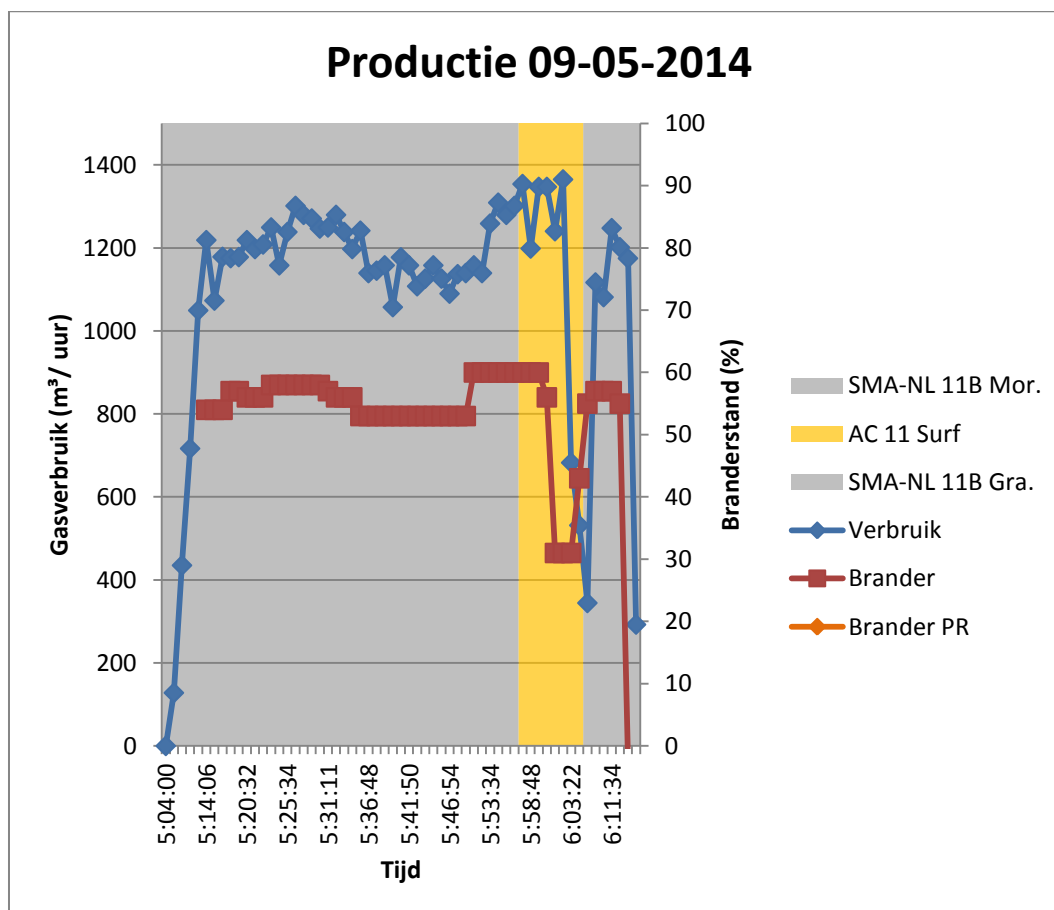


09-05-2014

Datum	09-05-2014	09-05-2014	09-05-2014
Mengsel	SMA-NL 11B Mor.	AC 11 SURF DL-B Mor.	SMA-NL 11B Gra.
Batchgrootte (kg)	104757	21881	17676
Productietijd	0:44:16	0:07:51	0:11:36
Productiedebiet (kg/uur)	141989,91	167243,31	91427,59
Percentage PR	0	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	160,97	173,75	165,88
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	998,2557	122,8622	180,0273
Gasverbruik voor opstart (m³)	120,30261	0	0
Gasverbruik (m³/ton)	8,38085369	5,615019	10,18484

Datum	09-05-2014
Aantal mengsels	3
Productieomvang	144314
Productietijd	1:03:43

Productiedebiet	135895,9979
Mengselwisselingen voorzien	2
Totaal aantal mengselwisselingen	2
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	1301,14525
Gasverbruik/ton	9,016070859

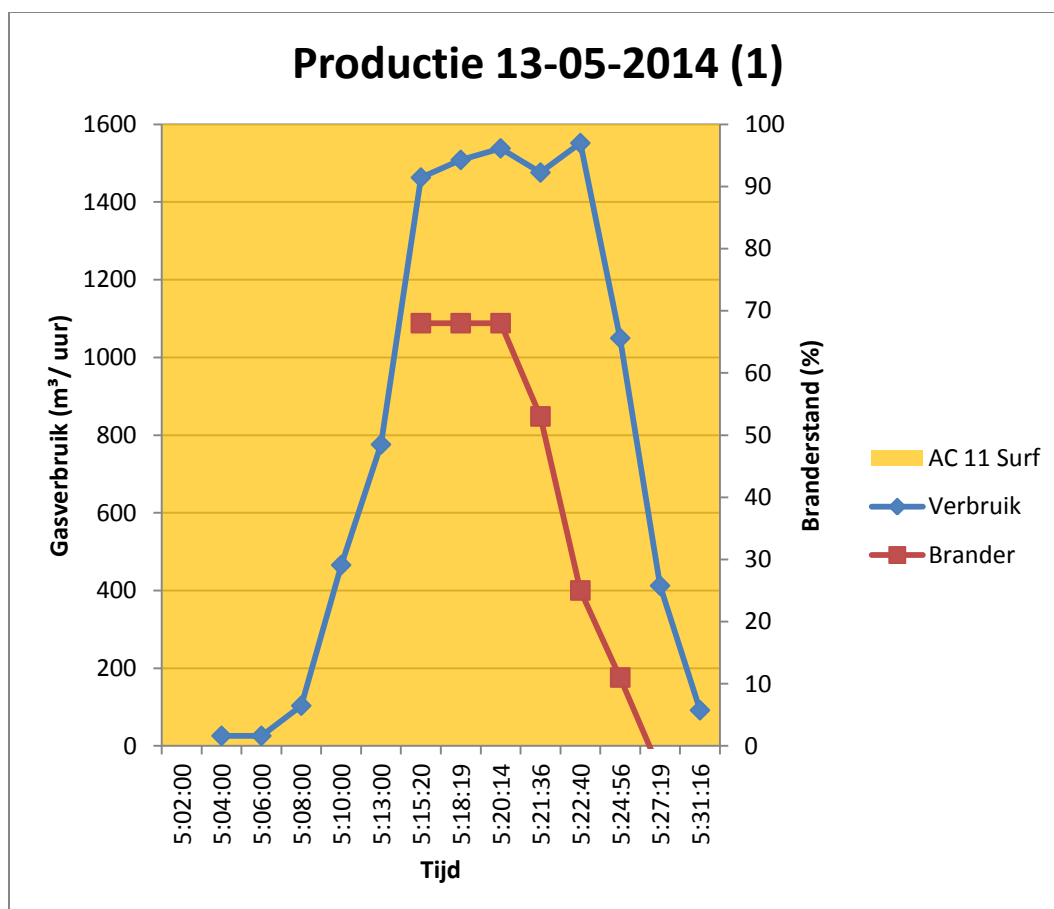


13-05-2014

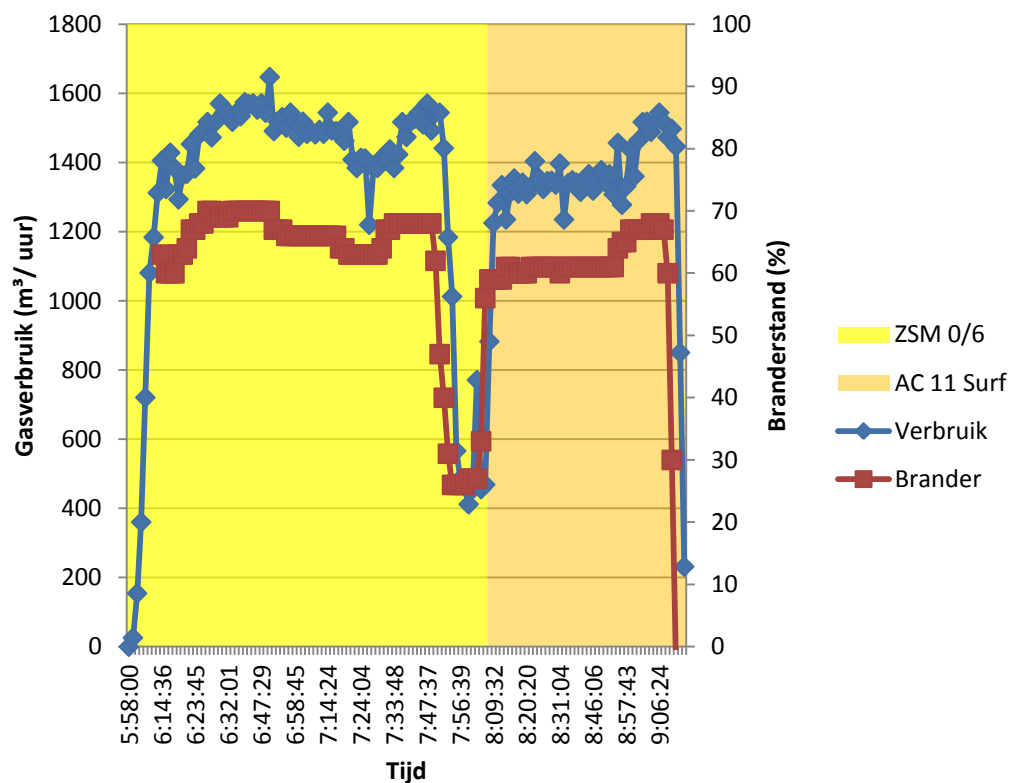
Datum	13-5-2014	13-5-2014	13-5-2014	13-5-2014
Mengsel	AC 11 SURF DL-B Mor.	ZSM 0/6	AC 11 SURF DL-B Mor.	AC 22 BASE OL-iB
Batchgrootte (kg)	17810	289554	167331	24783
Productietijd	0:15:56	1:51:14	1:07:04	0:13:25
Productiedebiet (kg/uur)	67066,95	156187,35	149699,70	110830,81
Percentage PR	0	0	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	152,29	165,92	162,70	169,20

Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	363,7429	2789,10	1484,20	323,436
Gasverbruik voor opstart (m ³)	116,36325	196,46368	0	117,54
Gasverbruik (m ³ /ton)	13,8899298	8,95388532	8,869854	8,30814671

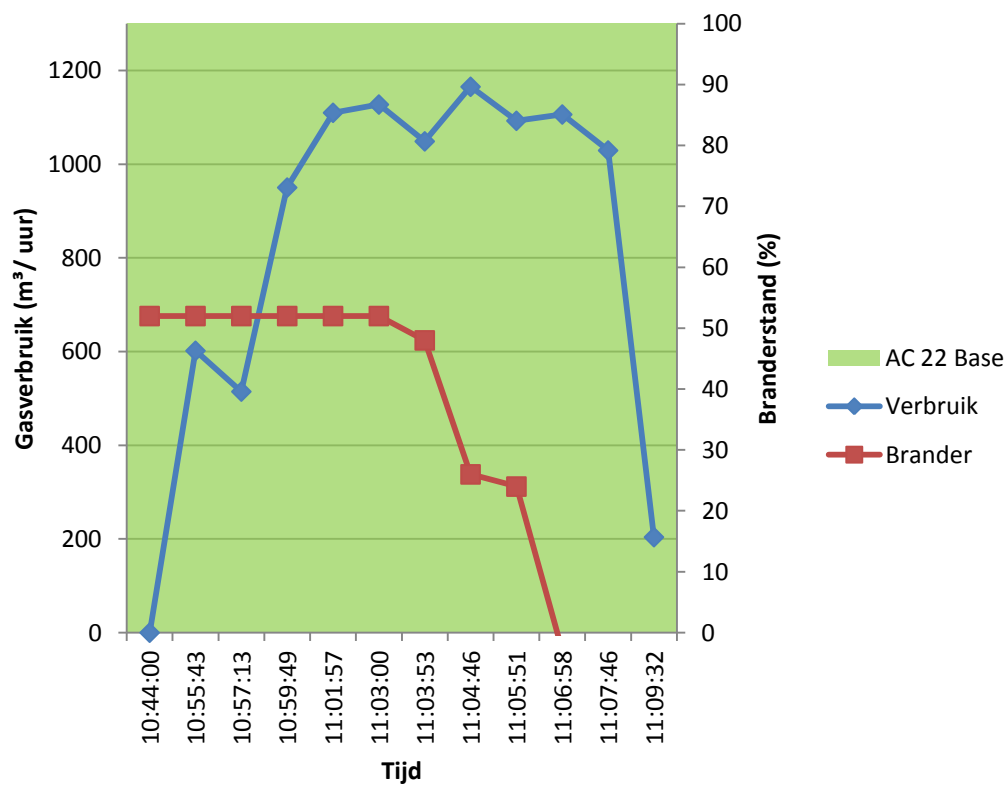
Datum	13-05-2014
Aantal mengsels	4
Productieomvang	499478
Productietijd	3:27:39
Productiedebiet	144323,0436
Mengselwisselingen voorzien	3
Totaal aantal mengselwisselingen	3
Starts en stops	2
Gasverbruik totaal	4960,47826
Gasverbruik/ton	9,931324823



Productie 13-05-2014 (2)



Productie 13-05-2014 (3)

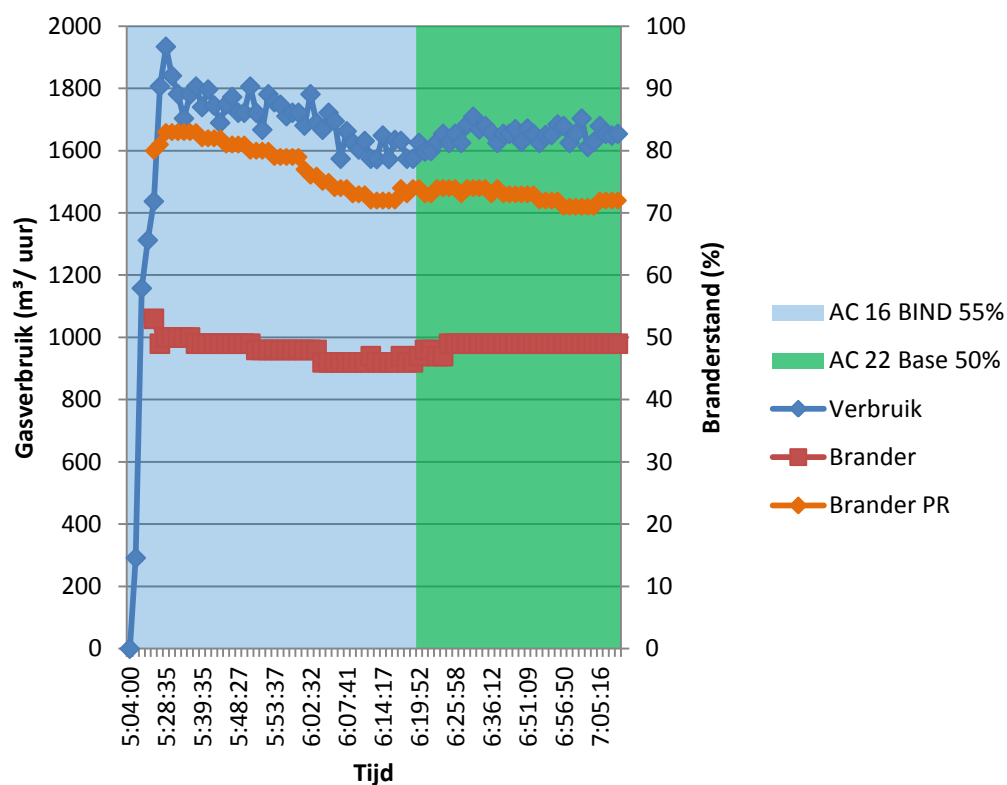


14-05-2014

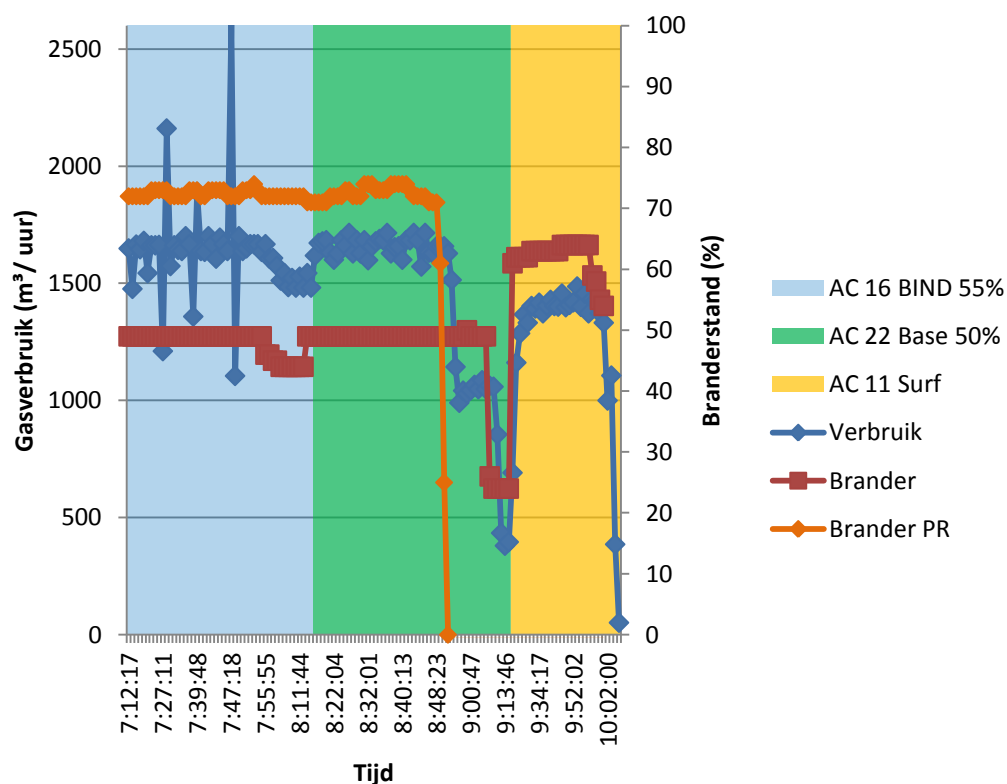
Datum	14-5-2014	14-5-2014	14-5-2014	14-5-2014	14-5-2014
Mengsel	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 22 BASE OL-B 50%	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 22 BASE OL-B 50%	AC 11 SURF DL-B Mor.
Batchgrootte (kg)	151250	150022	199381	159001	107163
Productietijd	1:16:17	0:52:41	1:03:30	0:58:00	0:40:50
Productiedebiet (kg/uur)	118964,39	170857,07	188391,50	164483,79	157464,00
Percentage PR	55	50	55	50	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	150,93	163,32	162,08	171,44	160,32
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	1924,76856	1446,1496	1772,9486	1356,9446 8	982,97004
Gasverbruik voor opstart (m ³)	322,51024				
Gasverbruik (m ³ /ton)	10,59344344	9,6395838	8,8922645	8,5341895 96	9,17266258

Datum	14-05-2014
Aantal mengsels	5
Productieomvang	766817
Productietijd	4:51:18
Productiedebiet	157943,8
Mengselwisselingen voorzien	4
Totaal aantal mengselwisselingen	4
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	7483,782
Gasverbruik/ton	9,75954

Productie 14-05-2014 (1)



Productie 14-05-2014 (2)



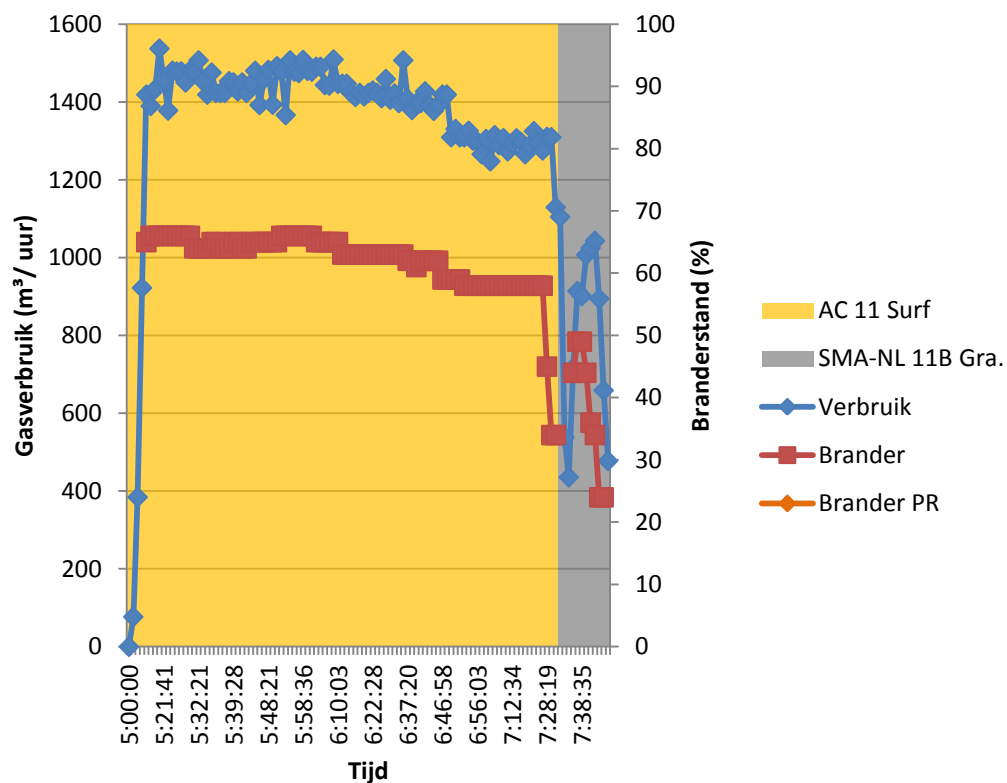
15-05-2014

Datum	15-5-2014	15-5-2014	15-5-2014	15-5-2014	15-5-2014
Mengsel	AC 11 SURF DL-B Mor.	SMA-NL 11B Gra.	AC 11 SURF DL-B Mor.	AC 16 BIND TL-B	AC 11 SURF DL-B Mor.
Batchgrootte (kg)	369276	21943	8014	34744	19873
Productietijd	2:15:37	0:08:06	0:05:14	0:19:28	0:13:39
Productiedebiet (kg/uur)	163376,38	162540,74	91880,25	107087,67	87353,85
Percentage PR	0	0	0	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	170,5185185	181,375	165	153,538462	170,375
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	3357,23124	136,6464	31,59948	343,32408	257,06604
Gasverbruik voor opstart (m ³)	204,9696	0	5,97828	0	17,93484
Gasverbruik (m ³ /ton)	8,536329575	6,227334457	3,197055153	9,8815358	12,0329694

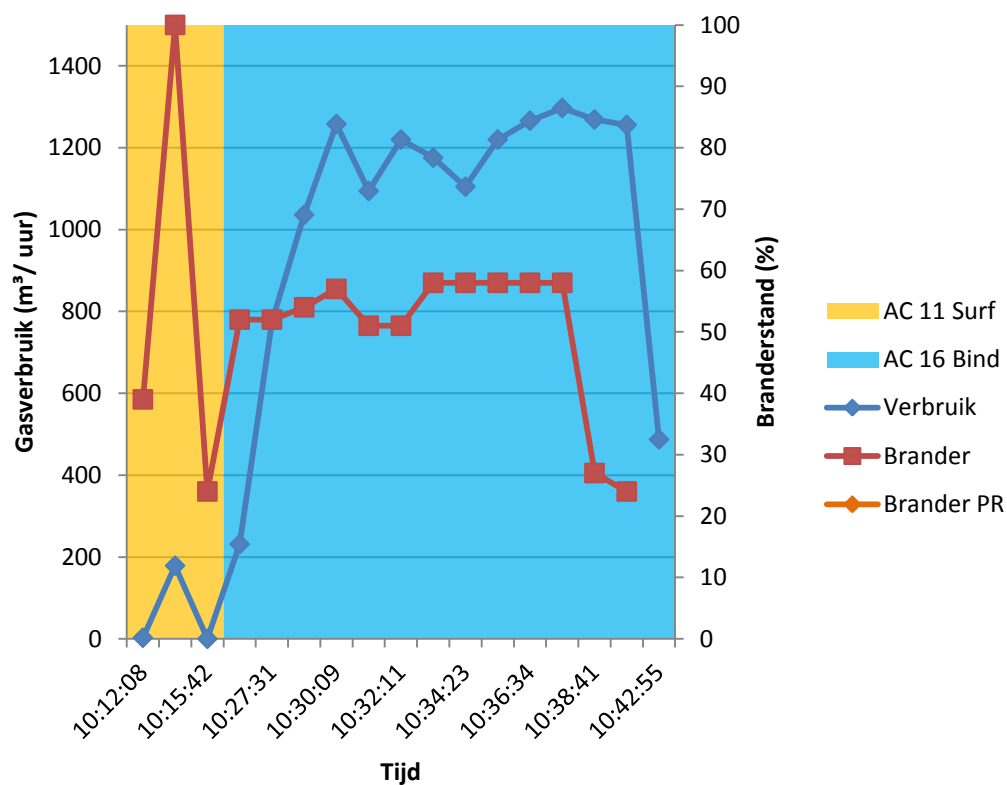
Opmerking: Mengsel 3 was reeds gemengd voordat de brander ingeschakeld was. Daarom heeft deze een waarde van slechts 3,2 kubieke meter gas per ton asfalt. Blijkbaar was er nog genoeg warmte aanwezig in de installatie.

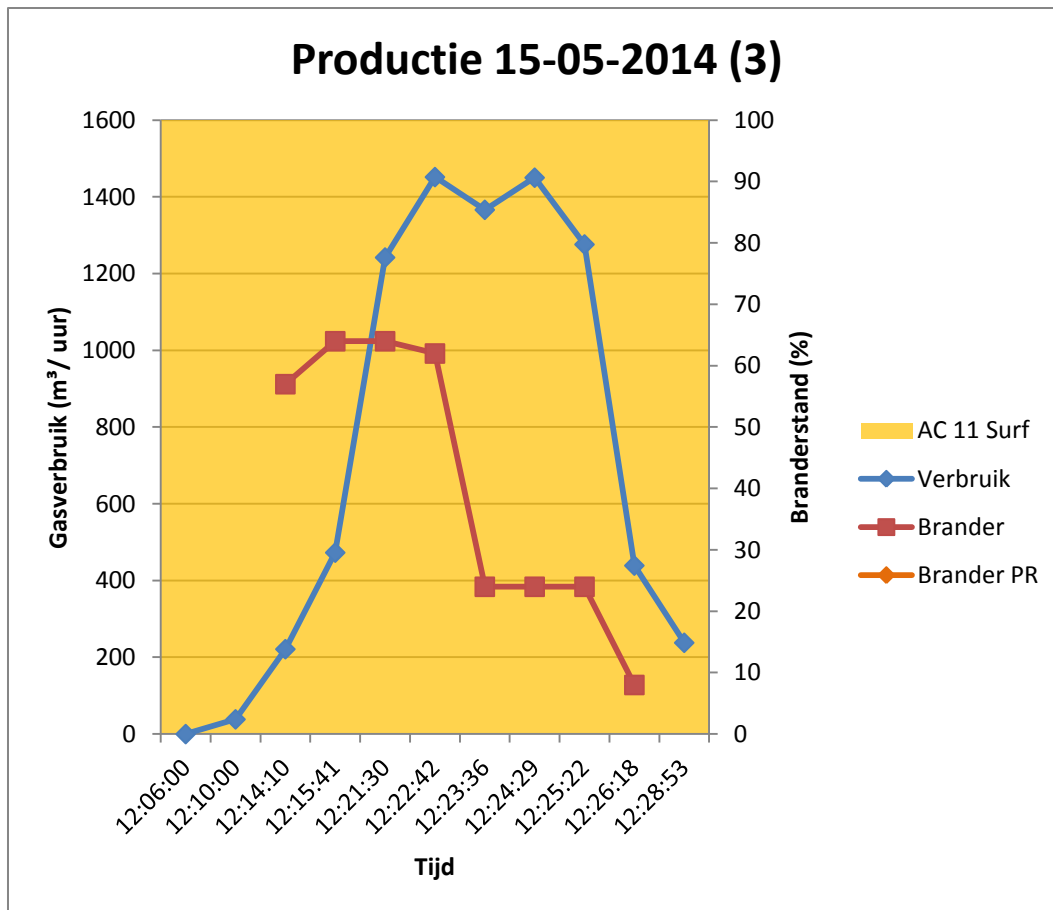
Datum	15-05-2014
Aantal mengsels	5
Productieomvang	453850
Productietijd	3:02:04
Productiedebiet	149566,093
Mengselwisselingen voorzien	2
Totaal aantal mengselwisselingen	4
Starts en stops	2
Gasverbruik totaal	4125,86724
Gasverbruik/ton	9,090816878

Productie 15-05-2014 (1)



Productie 15-05-2014 (2)



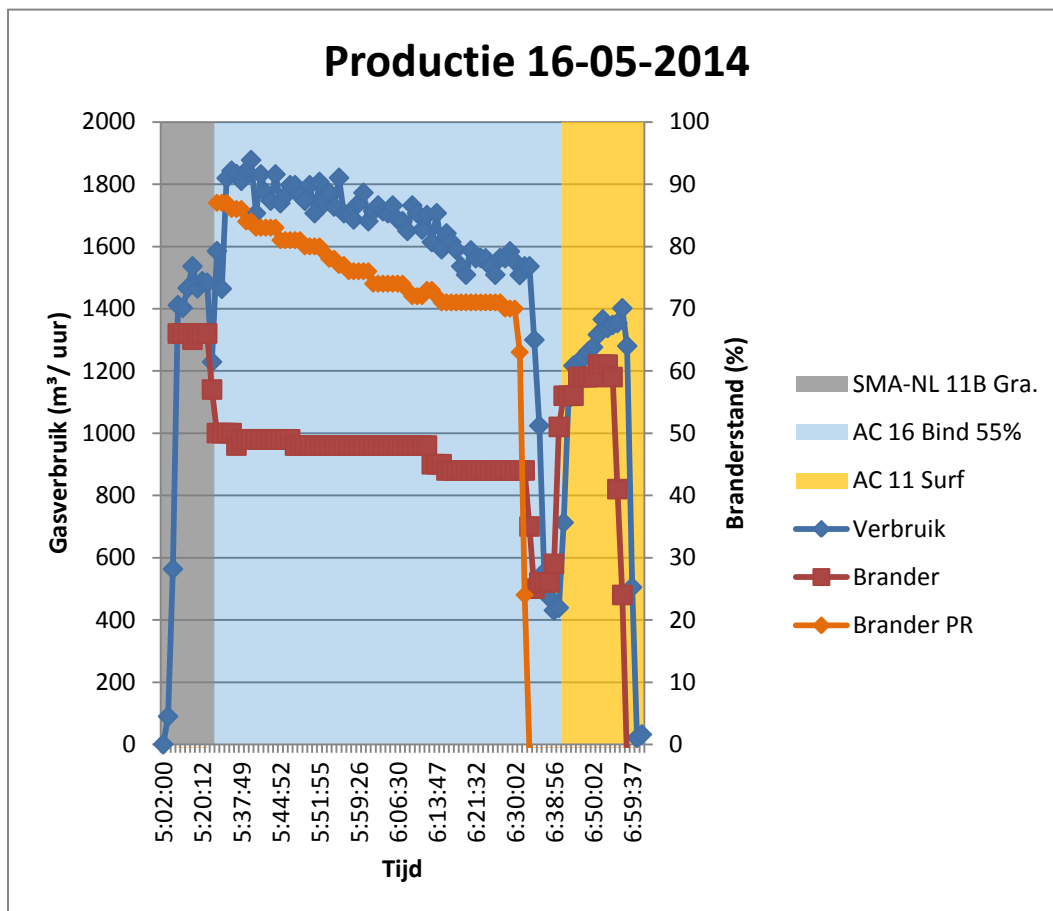


16-05-2014

Datum	16-5-2014	16-5-2014	16-5-2014
Mengsel	SMA-NL 11B Gra.	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 11 SURF DL-B Mor.
Batchgrootte (kg)	17855	195041	42932
Productietijd	0:08:12	1:15:43	0:20:38
Productiedebiet (kg/uur)	130646,34	154555,93	124842,65
Percentage PR	0	55	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	157,43	161,87	167,31
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	348,98334	2056,357	324,2388
Gasverbruik voor opstart (m³)	154,44006		
Gasverbruik (m³/ton)	10,89573117	10,5432	7,55238051

Datum	16-05-2014
Aantal mengsels	3
Productieomvang	255828
Productietijd	1:44:33
Productiedebiet	146816,6428
Mengselwisselingen	2

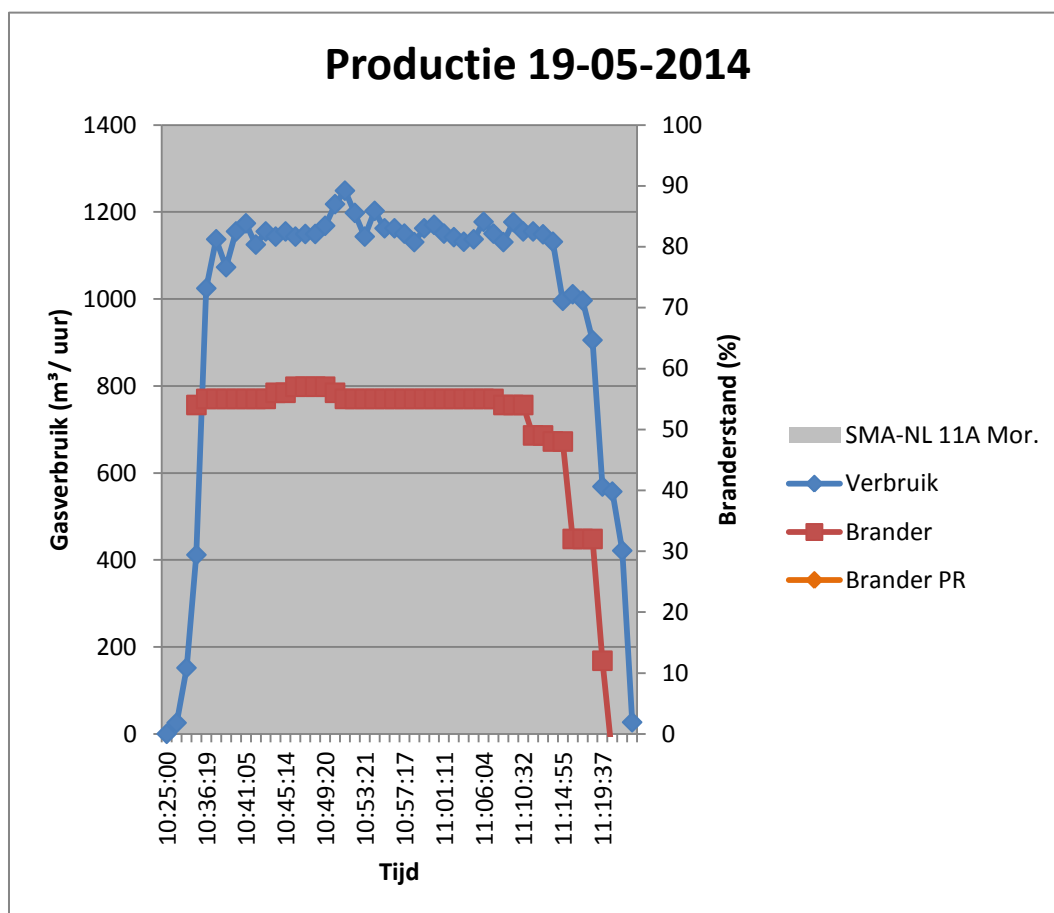
voorzien	
Totaal aantal mengselwisselingen	2
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	2729,57874
Gasverbruik/ton	10,66958558



19-05-2014

Datum	19-5-2014
Mengsel	SMA-NL 11A Mor.
Batchgrootte (kg)	119172
Productietijd	0:53:01
Productiedebiet (kg/uur)	134869,29
Percentage PR	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	161,41
Temperatuur vereist (°C)	150
Gasverbruik totaal (m³)	940,75974
Gasverbruik voor opstart (m³)	21,89772
Gasverbruik (m³/ton)	7,71038516

Datum	19-05-2014
Aantal mengsels	1
Productieomvang	119172
Productietijd	0:53:01
Productiedebiet	134869,29
Mengselwisselingen voorzien	0
Totaal aantal mengselwisselingen	0
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	940,75974
Gasverbruik/ton	7,894134025

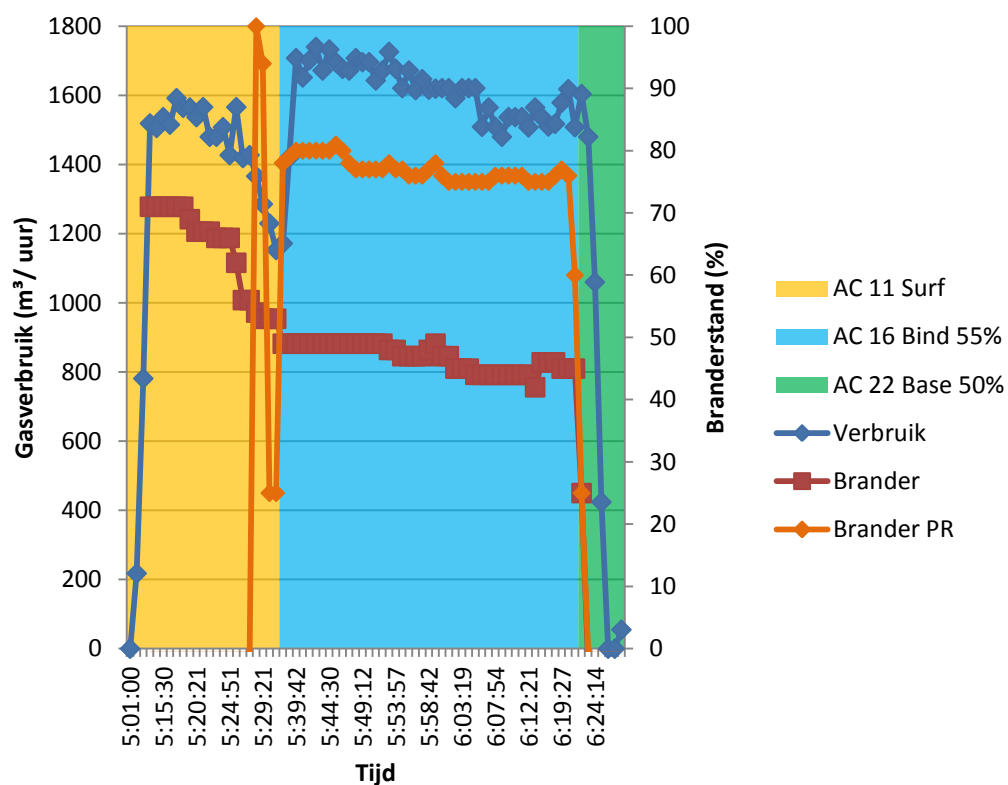


20-05-2014

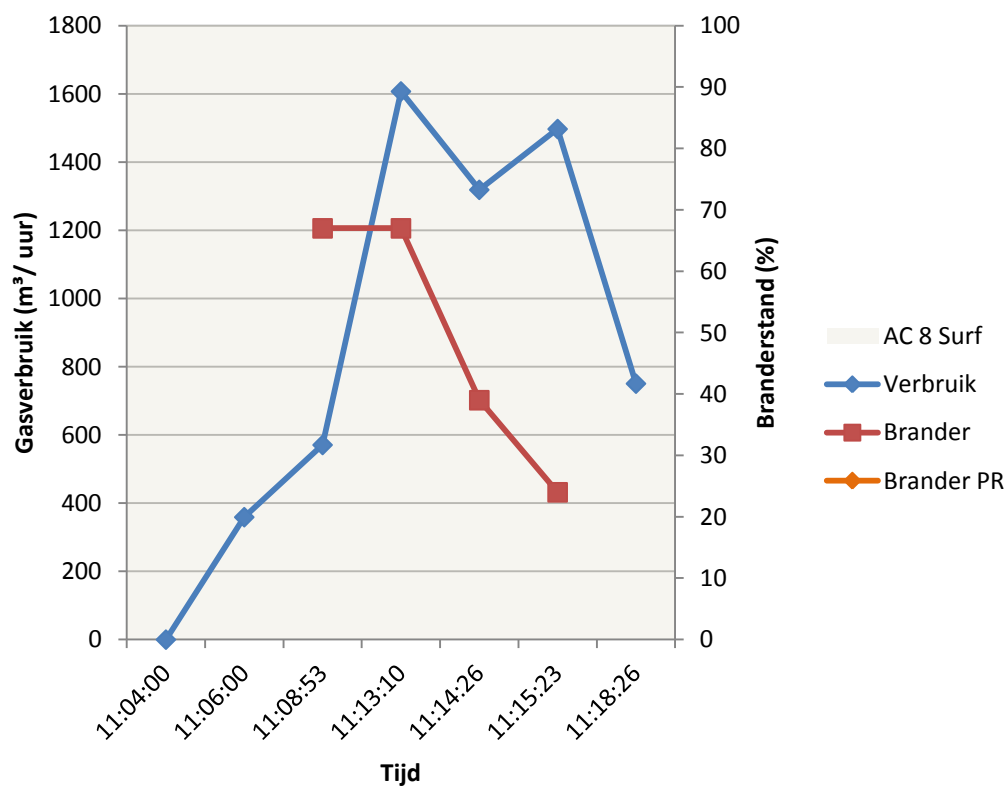
Datum	20-5-2014	20-5-2014	20-5-2014	20-5-2014
Mengsel	AC 11 SURF DL-B Mor.	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 22 BASE OL-iB 50%	AC 8 SURF DL-A Mor.
Batchgrootte (kg)	49599	127201	17964	10082
Productietijd	0:18:39	0:49:38	0:06:57	0:08:15
Productiedebiet (kg/uur)	159567,83	153768,84	155084,89	73323,64
Percentage PR	0	55	50	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	166,89	161,71	169,29	154,75
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	624,24476	1348,4028	35,86632	241,0762
Gasverbruik voor opstart (m³)	173,35388			43,59888
Gasverbruik (m³/ton)	9,09072522	10,600568	1,996566	19,58711

Datum	20-05-2014
Aantal mengsels	4
Productieomvang	204846
Productietijd	1:23:29
Productiedebiet	147224,1
Mengselwisselingen voorzien	2
Totaal aantal mengselwisselingen	3
Starts en stops	1
Gasverbruik totaal	2008,514
Gasverbruik/ton	9,804994581

Productie 20-05-2014 (1)



Productie 20-05-2014 (2)

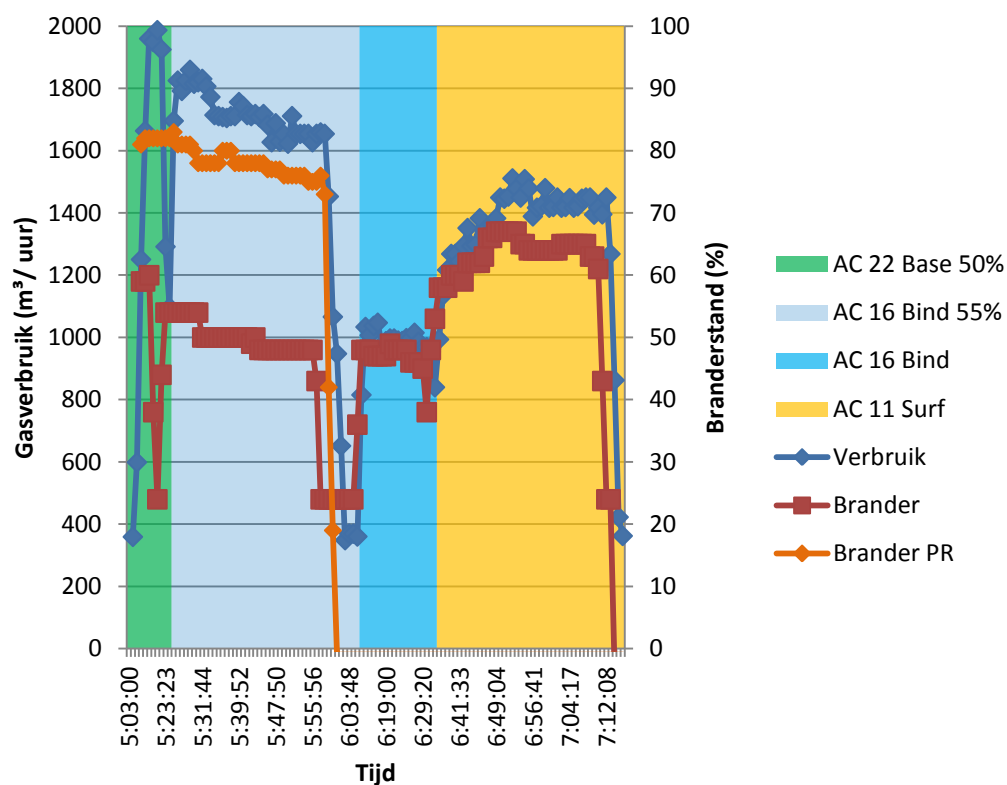


21-05-2014

Datum	21-5-2014	21-5-2014	21-5-2014	21-5-2014
Mengsel	AC 22 Base O1-B 50 %	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 11 BIND TL-B	AC 11 SURF D5 Mor. Rood
Batchgrootte (kg)	20308	121093	49244	114814
Productietijd	0:13:20	0:40:21	0:22:30	0:41:49
Productiedebiet (kg/uur)	91386,00	180063,94	131317,33	164739,10
Percentage PR	50	55	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	138,50	170,35	188,00	158,41
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	497,12684	1020,7785	438,0877	912,96788
Gasverbruik voor opstart (m ³)	129,20164			
Gasverbruik (m ³ /ton)	18,1172543	8,4297071	8,896265	7,95171216

Datum	21-05-2014
Aantal mengsels	4
Productieomvang	305459
Productietijd	1:58:00
Productiedebiet	155318,1356
Mengselwisselingen voorzien	3
Totaal aantal mengselwisselingen	3
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	2868,96092
Gasverbruik/ton	9,392294612

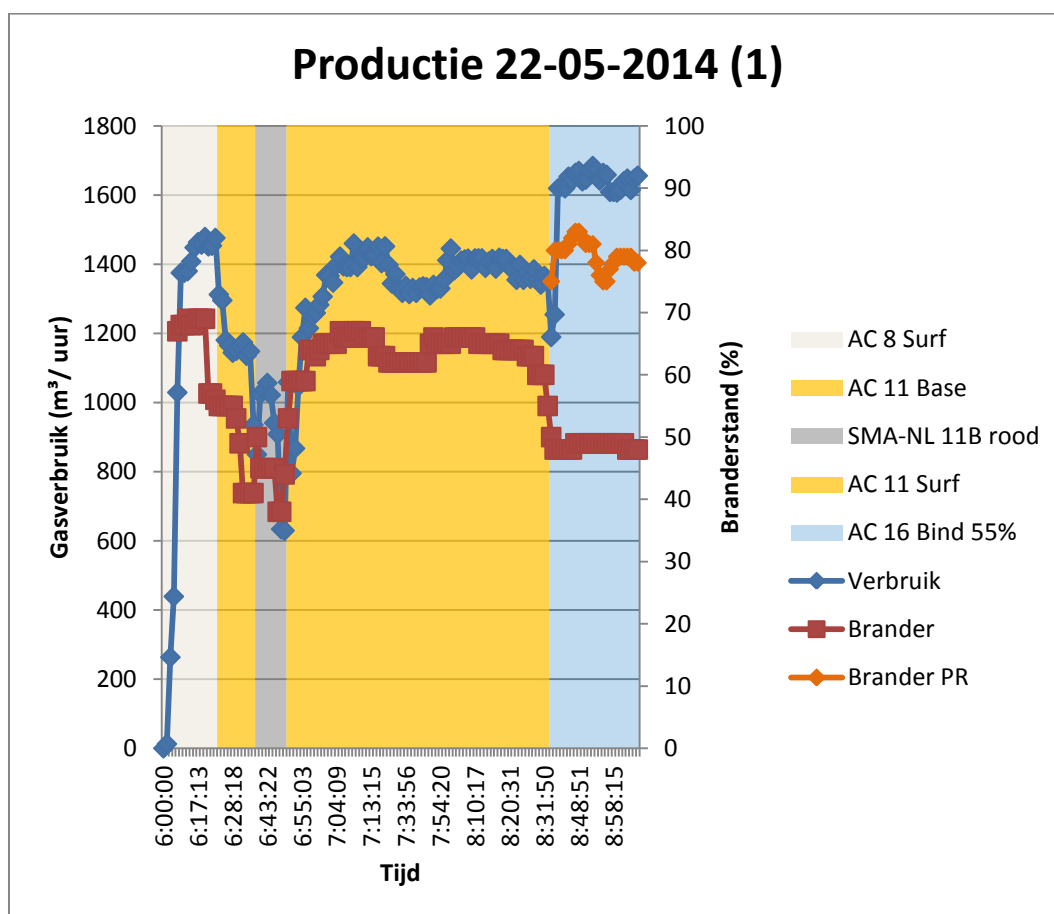
Productie 21-05-2014



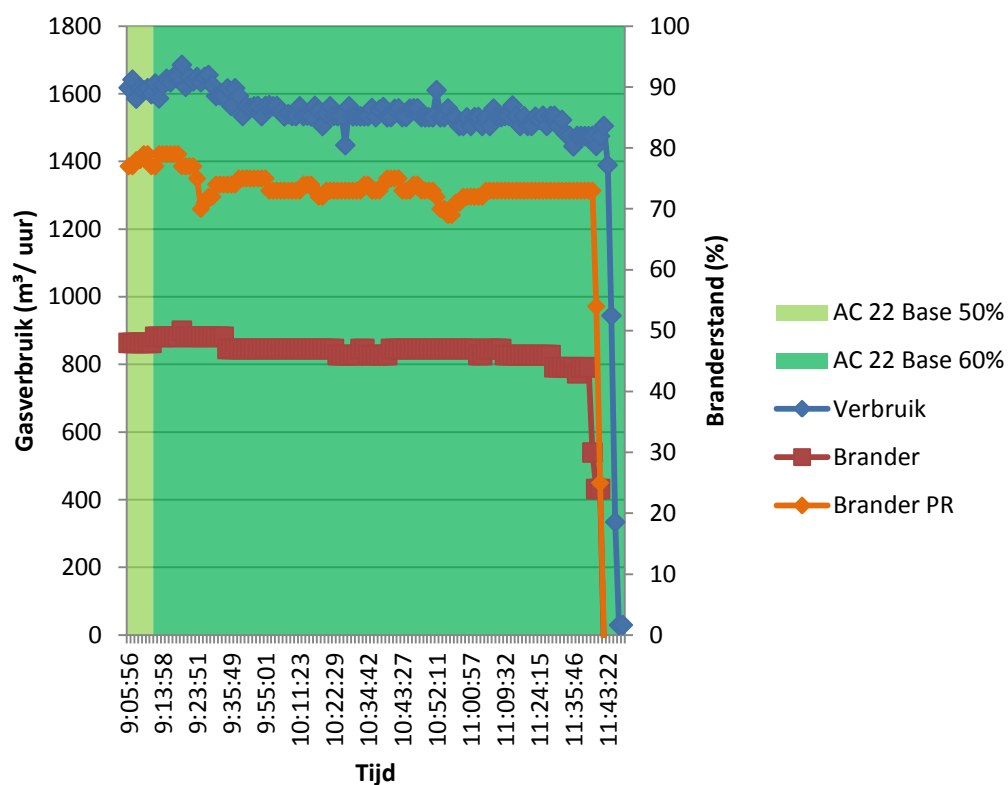
22-05-2014

Datum	22-05-14	22-05-14	22-05-14	22-05-14	22-05-14	22-05-14	22-05-14
Mengsel	AC 8 SURF DL-A Mor.	AC 11 BASE	SMA-NL 11B (rood 3% zw bit)	AC 11 SURF DL- B Mor.	AC 16 BIND TL-B 55%	AC 22 BASE OL- iB 50%	AC 22 BASE OL-iB 60%
Batchgrootte (kg)	31967	29923	21006	299369	70815	19250	456481
Productietijd	0:15:24	0:12:40	0:10:58	1:43:36	0:28:49	0:07:08	2:36:37
Productiedebiet (kg/uur)	124546,7 5	141740, 53	114926, 44	173379, 73	147445,92	161915,8 9	174878,32
Percentage PR	0	0	0	0	55	50	60
Temperatuur afgeleverd (°C)	155,6666 67	182,727 3	171,555 56	168,055	163,73076 92	169	168,00
Temperatuur vereist (°C)	150	150	150	150	150	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	425,6716 1	270,958	167,676 14	2328,23 1	751,40656 5	176,8753 35	3915,9279 25
Gasverbruik voor opstart (m³)	74,42981	0	0	0	0	0	0
Gasverbruik (m³/ton)	10,98763 73	9,05517 4	7,98229 77	7,77712 9	10,610839 02	9,188329 09	8,5785124 13

Datum	22-05-2014
Aantal mengsels	7
Productieomvang	928811
Productietijd	5:35:12
Productiedebiet	166254,9523
Mengselwisselingen voorzien	6
Totaal aantal mengselwisselingen	6
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	8036,7469
Gasverbruik/ton	8,652725797



Productie 22-05-2014 (2)

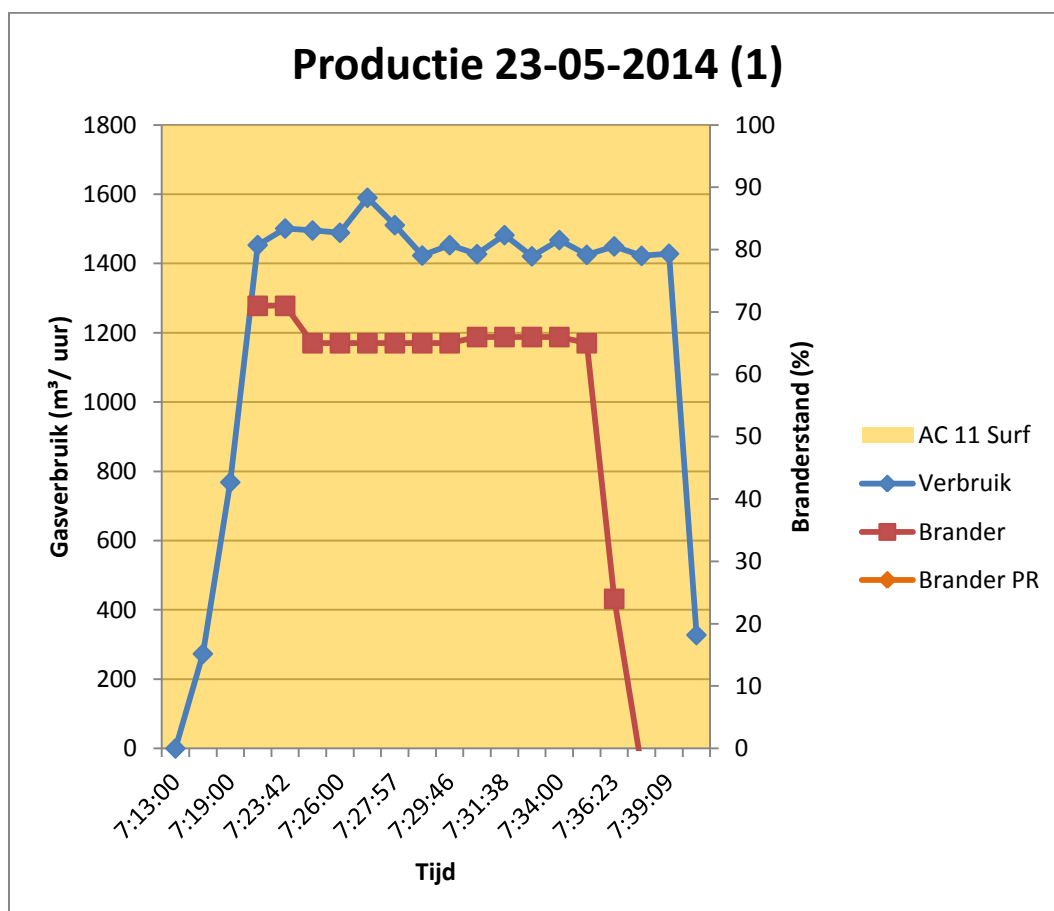


23-05-2014

Datum	23-5-2014	23-5-2014
Mengsel	AC 11 SURF DL-A Mor.	SMA-NL 11B Gra.
Batchgrootte (kg)	41838	48746
Productietijd	0:18:12	0:21:46
Productiedebiet (kg/uur)	137927,47	134368,76
Percentage PR	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	162,88	163,72
Temperatuur vereist (°C)	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	554,20057	443,1897
Gasverbruik voor opstart (m³)	148,58382	33,73024
Gasverbruik (m³/ton)	9,69493642	9,091816

Datum	23-05-2014
Aantal mengsels	2
Productieomvang	90584
Productietijd	0:39:58
Productiedebiet	135989,3244
Mengselwisselingen voorzien	0
Totaal aantal mengselwisselingen	1
Starts en stops	1

Gasverbruik totaal	997,39024
Gasverbruik/ton	11,01066678

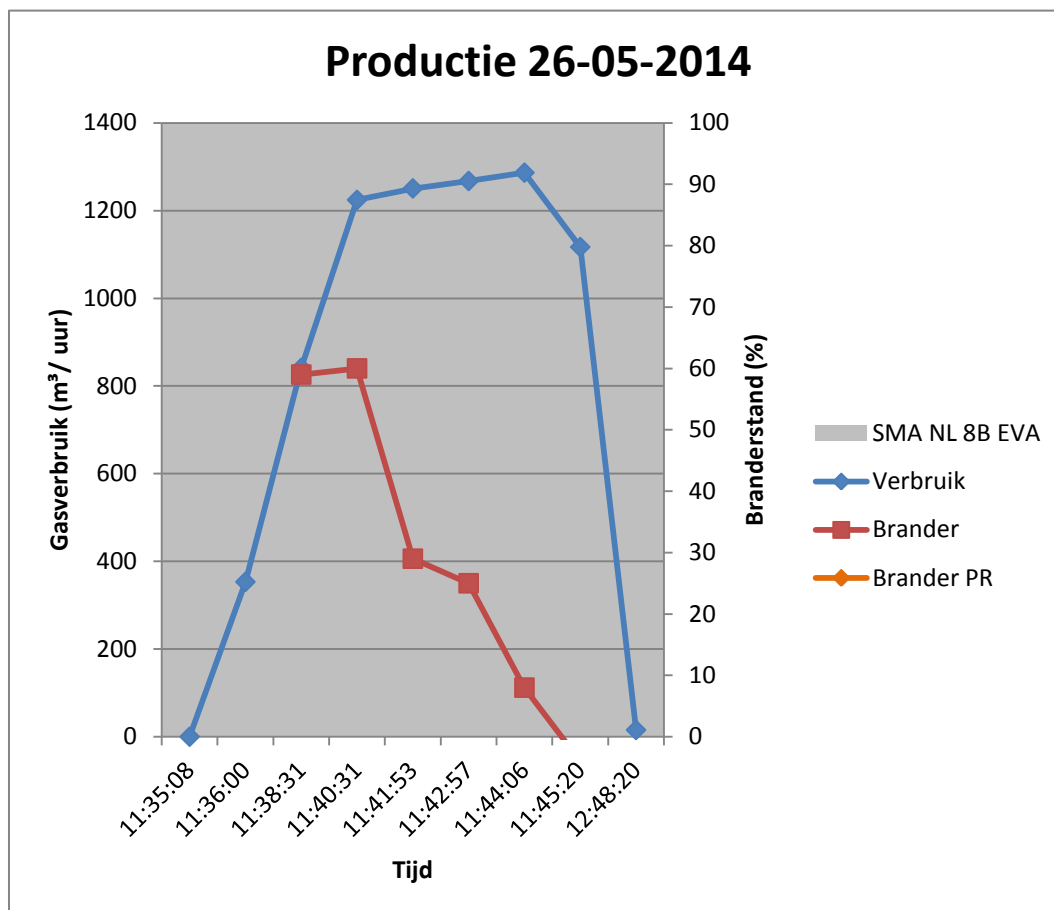


26-05-2014

Datum	26-5-2014
Mengsel	SMA-NL 8B (EVA)
Batchgrootte (kg)	14863
Productietijd	0:08:49
Productiedebiet (kg/uur)	101147,07
Percentage PR	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	170,50
Temperatuur vereist (°C)	150
Gasverbruik totaal (m³)	195,973405
Gasverbruik voor opstart (m³)	40,384975
Gasverbruik (m³/ton)	10,4681713

Datum	26-05-2014
Aantal mengsels	1
Productieomvang	14863
Productietijd	0:08:49
Productiedebiet	101147,07

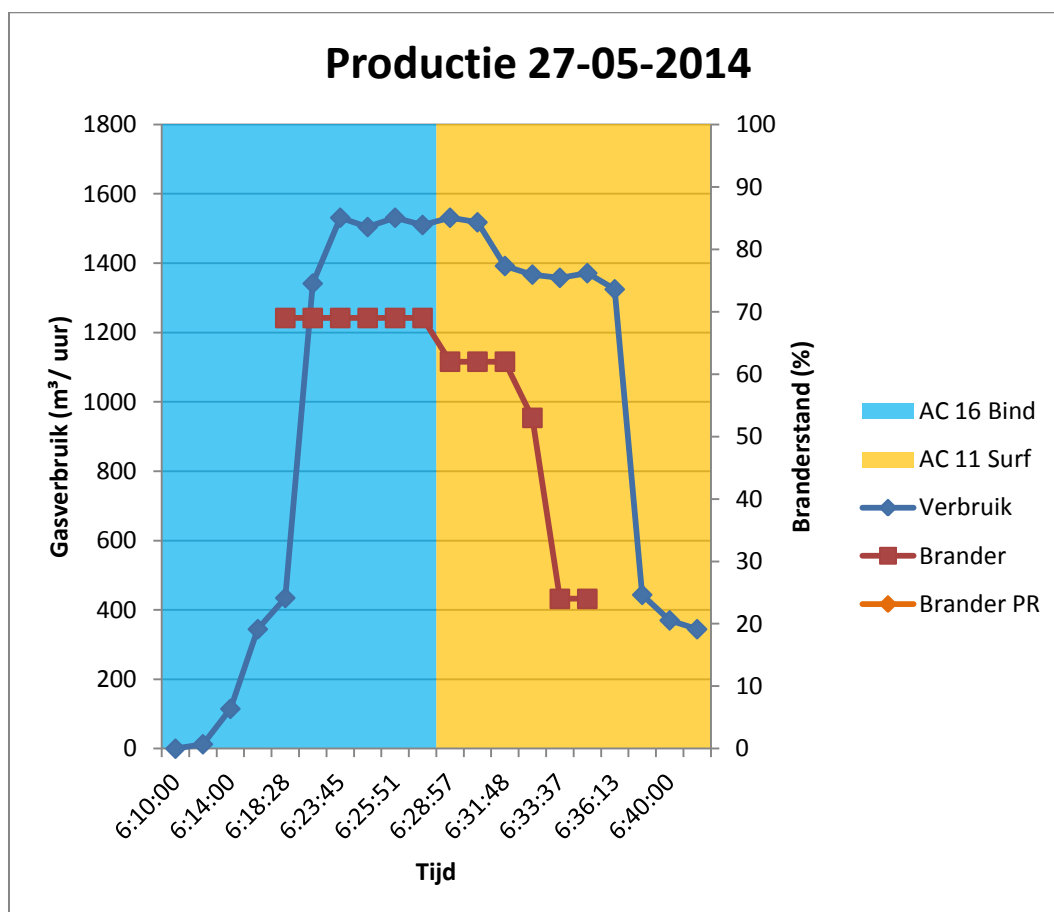
Mengselwisselingen voorzien	0
Totaal aantal mengselwisselingen	0
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	236,35838
Gasverbruik/ton	15,90246787



27-05-2014

Datum	27-5-2014	27-5-2014
Mengsel	AC 16 BIND TL-B	AC 11 SURF DL-B Mor.
Batchgrootte (kg)	13794	13746
Productietijd	0:10:54	0:07:16
Productiedebiet (kg/uur)	75930,28	113499,08
Percentage PR	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	164,33	182,33
Temperatuur vereist (°C)	150	150
Gasverbruik totaal (m³)	287,95518	218,1994
Gasverbruik voor opstart (m³)	33,60186	
Gasverbruik (m³/ton)	18,4394171	15,87367

Datum	27-05-2014
Aantal mengsels	2
Productieomvang	27540
Productietijd	0:18:10
Productiedebiet	90957,79817
Mengselwisselingen voorzien	1
Totaal aantal mengselwisselingen	1
Starts en stops	0
Gasverbruik totaal	506,1546
Gasverbruik/ton	18,37888889

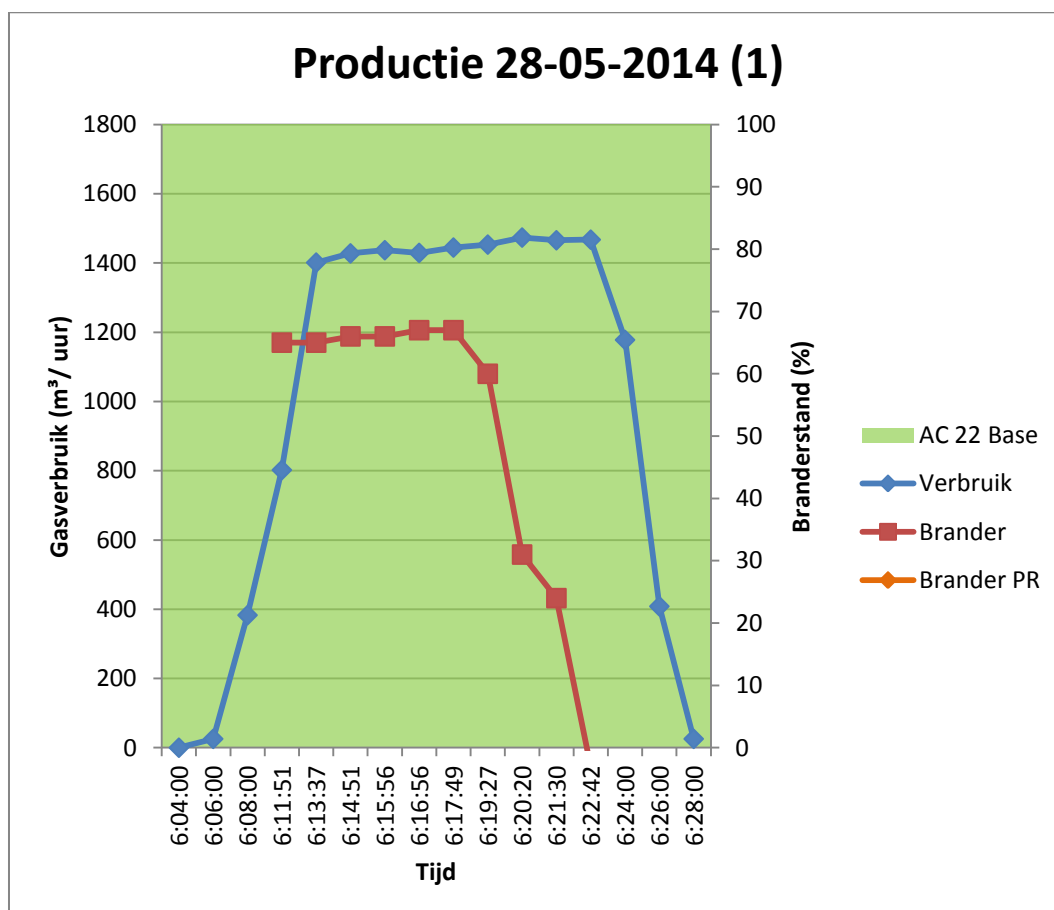


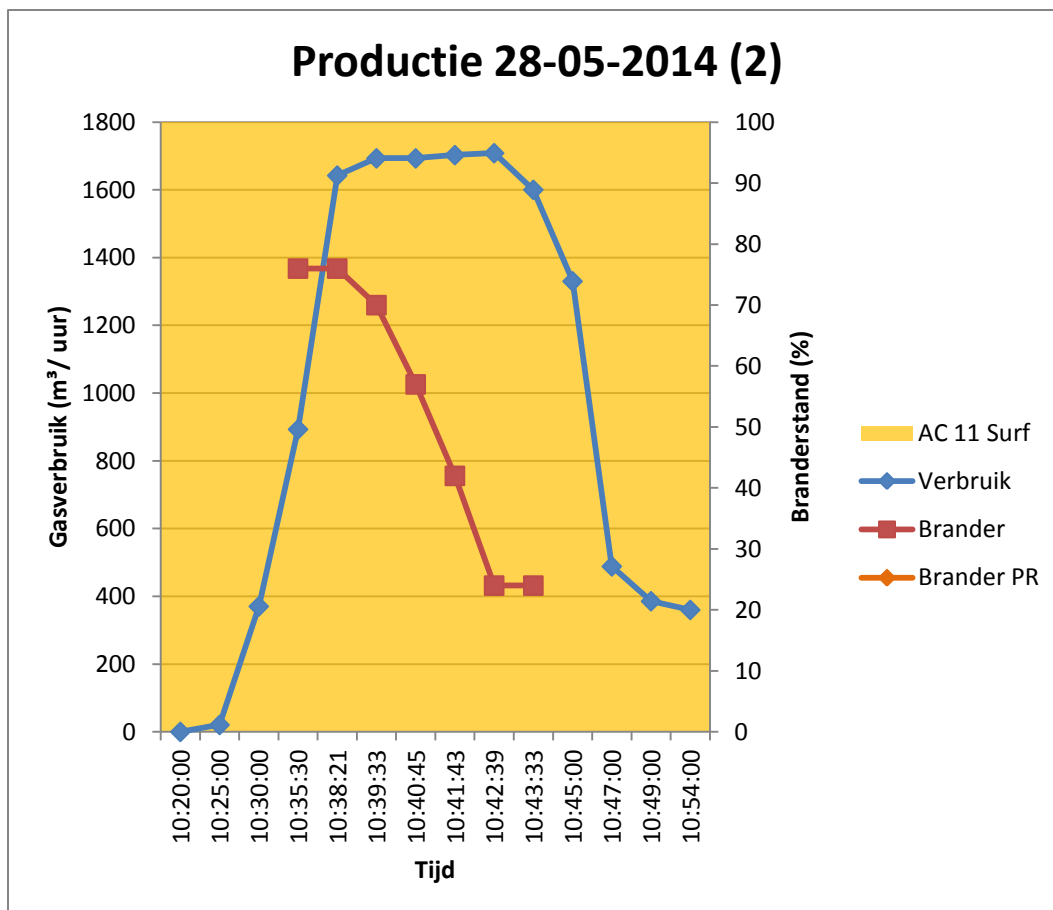
28-05-2014

Datum	28-5-2014	28-5-2014
Mengsel	AC 22 BASE OL-iB	AC 11 SURF DL-B Mor.
Batchgrootte (kg)	24980	18030
Productietijd	0:12:57	0:09:43
Productiedebiet (kg/uur)	115737,45	111334,48
Percentage PR	0	0
Temperatuur afgeleverd (°C)	160,70	158,86

Temperatuur vereist (°C)	150	150
Gasverbruik totaal (m ³)	365,7924	429,5524
Gasverbruik voor opstart (m ³)	65,07702	114,4616
Gasverbruik (m ³ /ton)	12,0382458	23,82431

Datum	28-05-2014
Aantal mengsels	2
Productieomvang	43010
Productietijd	0:22:40
Productiedebiet	113850
Mengselwisselingen voorzien	0
Totaal aantal mengselwisselingen	1
Starts en stops	1
Gasverbruik totaal	795,34479
Gasverbruik/ton	18,49208998





Bijlage G: Foto's meetopstelling

In deze bijlage zijn een tweetal foto's (figuren G1 en G2) opgenomen die een impressie geven van de meetopstelling. Voor de analoge meter is een zogenaamde time-lapse camera opgesteld, die een video-opname van de lopende meter maakt.



Figuur G1: Meetopstelling (1)



Figuur G2: Meetopstelling (2)