



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

2009

Logistiek in de asfaltindustrie

Verbeterde efficiëntie en kwaliteit door
goede logistiek



DURA VERMEER

Simon Hoitema

Universiteit Twente

Bachelor Civiele Techniek

8-7-2009

Titel: Logistiek in de asfaltindustrie

Subtitel: Verbeterde efficiëntie en kwaliteit door goede logistiek

Auteur: Simon Hoitema

Studentnummer: S0125970

Opleiding: Universiteit Twente
Bachelor opleiding Civiele Techniek

Begeleider: dr. Ing. H.L. ter Huerne

Vakgroep: Construction Management & Engineering

Stagebedrijf: Dura Vermeer Groep N.V.

Afdeling: Dura Vermeer Divisie Infra BV (DVDI)

Stageplaats: Dura Vermeer Infra Oost te Enter (DVI Oost)

1^e begeleider: dhr. L.A.M. Smal

2^e begeleider: dhr. H.A. Schottert

Datum: 8-juli-2009

Status: Concept

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport: Logistiek in de asfaltindustrie, verbeterde efficiëntie en kwaliteit door goede logistiek. In dit rapport heb ik onderzoek verricht naar de kwaliteit en efficiëntie van het logistieke proces in de asfaltindustrie. Het doel was het onderzoeken van dit proces en zo eventuele knelpunten te identificeren en mogelijke verbeteringen met betrekking tot de kwaliteit en de efficiëntie te onderzoeken.

Met dit onderzoek sluit ik mijn bachelor opleiding Civiele Techniek aan de Universiteit Twente af. Deze opleiding heb ik met veel plezier gevolgd en ook buiten de opleiding heb ik een plezierige tijd gehad in Enschede. Mede daarom zal ik dan ook mijn opleiding vervolgen met een Masteropleiding aan de Universiteit Twente.

Graag wil ik van deze gelegenheid gebruik maken om enkele mensen te bedanken voor hun hulp en advies bij dit onderzoek. Ten eerste wil ik mijn begeleider vanuit de Universiteit Twente, dr. Ir. H.L. ter Huerne, bedanken voor zijn begeleiding en advies om op het goede spoor te blijven. Ook wil ik dhr. Laurens Smal bedanken als begeleider vanuit Dura Vermeer. Daarnaast wil ik ook dhr. Hans Schottert bedanken voor het beantwoorden van mijn vragen en de leuke tijd die ik heb gehad. Tot slot wil ik nog Harry Beltman, asfaltcoördinator van de regio Oost, en de mensen van de asfaltploeg oost bedanken voor hun medewerking aan het onderzoek.

Enter, juli 2009

Simon Hoitema

Inhoudsopgave

WOORD VOORAF	III
INHOUDSOPGAVE	IV
SAMENVATTING	VI
1 ONDERZOEKSKADER	1
1.1 INLEIDING	1
1.2 AANLEIDING	1
1.3 PROBLEEMSTELLING	3
1.4 DOELSTELLING	3
1.5 VRAAGSTELLING	3
1.6 PLAN VAN AANPAK	4
1.7 LEESWIJZER	6
2 LITERATUURSTUDIE	7
2.1 INLEIDING	7
2.2 ASFALTPRODUCTIE	7
2.3 KWALITEIT ASFALT	9
2.4 EFFICIËNTIE	10
2.5 LOGISTIEK	11
2.6 INVLOED LOGISTIEK OP KWALITEIT EN EFFICIËNTIE	14
2.7 CONCLUSIE	16
3 GEGEVENS ZESTIENHOVEN	17
3.1 INLEIDING	17
3.2 CASE "ZESTIENHOVEN"	17
3.3 BESCHIKBARE GEGEVENS	17
3.4 EVALUATIE VAN DE GEGEVENS.	18
3.5 MOGELIJKE AANVULLENDE GEGEVENS	18
3.6 CONCLUSIE	19
4 AANPASSING VAN DE ONDERZOEKSOPZET	20
5 UITVOERING VAN DE METINGEN	21
5.1 INLEIDING	21
5.2 GEGEVENS UITVOERING.	21
5.3 OVERIGE GEGEVENS	22
5.3.1 <i>Logboeken</i>	22
5.3.2 <i>Planning en verwachtingen asfaltcoördinator</i>	23
5.4 CONCLUSIE	24
6 RESULTATEN EN EVALUATIE VAN DE METINGEN	25
6.1 INLEIDING	25
6.2 METINGEN	25
6.3 UITVOERING VAN DE PROJECTEN	28
6.4 PLANNING EN VERWACHTINGEN VERSUS DE UITVOERING	31
6.5 ACTIEVE BIJSTURING VAN DE LOGISTIEK	33
6.6 CONCLUSIE	36

7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	38
	BEANTWOORDEN ONDERZOEKSVRAGEN	38
	CONCLUSIES	39
	AANBEVELINGEN	41
	TOEKOMSTVISIE	42
8	BIBLIOGRAFIE	44
	BIJLAGEN	45
1	GPS LOGGERS EN GEBRUIKTE PROGRAMMA'S	45
1.1	<i>GPS loggers en SIRFdemo</i>	45
1.2	<i>Excel</i>	48
1.3	<i>Google Earth</i>	49
2	UITVOERING GPS METINGEN	50
2.1	<i>Test metingen</i>	50
2.2	<i>Metingen</i>	52
3	GEGEVENS GPS METINGEN	58
	<i>3A samengevoegde gegevens</i>	58
	<i>3B Vrachtwagens gesorteerd op aankomsttijden.</i>	62
4	LOGBOEKEN	63
5	GEGEVENS PROJECT ZESTIENHOVEN	66

Samenvatting

Enkele jaren geleden is door Rijkswaterstaat een professionalisatie in gang gezet in de wegenbouw. De aanzet hiertoe is gegeven om zodoende de kwaliteit van het geleverde asfalt te verbeteren en daardoor het beschikbare overheidsgeld efficiënter uit te geven. In het kader hiervan hebben verschillende bedrijven in de wegenbouwsector samen met de universiteit Twente het samenwerkingsverband ASPARI (Asphalt Paving Research & Innovation) opgericht. In het kader van ASPARI is dit onderzoek uitgevoerd bij Dura Vermeer Infrastructuur (DVI). Het onderzoek is gericht op de invloed van de logistiek op het wegenbouwproces. Het doel was het onderzoeken van de invloed van de logistiek op de kwaliteit van het asfalt en de efficiëntie van het bouwproces. Dit is gedaan door de analyse van verzamelde gegevens van verschillende projecten.

De doelstelling van dit onderzoek is het onderzoeken van de invloed van de logistiek op de efficiëntie en de kwaliteit van de asfaltproductie, waar de knelpunten liggen en welke verbeteringen er mogelijk zijn.

Om aan deze doelstellingen te voldoen moeten de volgende hoofdvragen beantwoord worden.

- Welke factoren hebben invloed op de kwaliteit van asfalt en efficiëntie van het wegenbouwproces?
- Wat is de invloed van het logistieke proces op de kwaliteit en de efficiëntie?
- Wat kan er op basis van de beschikbare gegevens van Zestienhoven gezegd worden over de logistiek?
- Zijn er extra gegevens verkrijgbaar waarmee aan de doelstelling voldaan kan worden?
- Waar liggen de knelpunten in het logistieke proces die de efficiëntie en/of kwaliteit negatief beïnvloeden?
- Welke aanbevelingen kunnen er gedaan worden met betrekking tot het logistieke proces, zodat daarmee de kwaliteit en/of efficiëntie positief beïnvloed worden?

Om bovenstaande vragen te beantwoorden is een literatuurstudie uitgevoerd naar de asfaltbouw in het algemeen, en daarna meer specifiek naar de kwaliteit, efficiëntie en logistiek in de asfaltbouw. Uit het eerste deel hiervan is een korte samenvatting voortgekomen van het asfaltbouwproces, van de grondstoffen tot een gebruiksklare weg.

Vervolgens zijn de kwaliteitsfactoren van asfalt nader onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de volgende factoren van invloed zijn op de kwaliteit van het product. Het gebruikte asfaltrecept, de gebruikte onderlaag, de hechting tussen de asfaltslagen, de verdichting, weersomstandigheden, continuïteit van de asfaltset en de homogeniteit van het mengsel qua ingrediënten en temperatuur. Hierbij zijn het mengselrecept, de verdichting en de homogeniteit van het mengsel de belangrijkste factoren.

Daarna is de efficiëntie van het proces bekeken. De belangrijkste factoren hierbij zijn voorraad beheer, energiegebruik bij de productie van asfalt en de planning van het ingezette materieel.

Tot slot is de logistiek van de asfaltbouw onderzocht. Er is gekeken naar zowel de planning als de uitvoering van het werk. Dit is van twee kanten bekeken, enerzijds de asfaltcoördinator en anderzijds de planner bij de asfaltcentrale.

Vervolgens zijn de verschillende onderdelen van deze literatuurstudie in samenhang bekeken en zijn hieruit de volgende conclusies getrokken. De kwaliteitsfactoren die van invloed worden door de logistiek zijn de verdichting, de continuïteit van de asfaltset, de weersomstandigheden en de homogeniteit van het mengsel qua ingrediënten en temperatuur. De factor voor belang van de efficiëntie die beïnvloed worden door de logistiek is de optimale inzet van het gebruikte materieel. Hierbij bleek dat zowel de kwaliteit als de efficiëntie grotendeels baat hebben bij dezelfde omstandigheden. Deze omstandigheden zijn een continue gelijkmatige stroom asfalt van de centrale

naar het werk. Hierbij dient de asfaltset het asfalt even snel te verwerken als de aanvoersnelheid. Indien dit het geval is staat het ingezette materieel minimaal stil en zijn er geen grote buffers. De homogeniteit van het asfalt is dan het grootst. Als gevolg hiervan kan de verdichting van het asfalt beter uitgevoerd worden.

Vanuit de universiteit Twente was eerder de vraag neergelegd bij DVI of er gegevens verzameld konden worden met betrekking tot de logistiek. Dit is gedaan bij het project Zestienhoven waarbij de start- en landingsbaan van Rotterdam Airport opnieuw geasfalteerd is. De gegevens van de asfaltritten zijn bewaard in de vorm van weegbonnen waarop de chauffeurs de aankomst tijd op het werk vermeld hebben. Bij de evaluatie van deze gegevens bleek dat ze geen informatie bevatten over de kwaliteit- en efficiëntiefactoren die uit de literatuurstudie naar voren waren gekomen. Alleen de waarop werd geladen en van de aankomst op het werk. Hieruit konden de rittijden van de centrale naar het werk en terug naar de centrale bepaald worden. Daarmee valt de stilstand van materieel, en daarmee de kwaliteit en efficiëntie van het proces niet te analyseren. Daarom is besloten om metingen uit te voeren om zodoende gegevens te verzamelen waarmee de stilstand wel geanalyseerd kan worden..

De metingen zijn uitgevoerd bij werkzaamheden in Groningen, Witmarsum, Leeuwarden en Sneek. Aan de hand van deze metingen is het logistieke proces geëvalueerd. Deze evaluatie was gericht op twee punten, ten eerste het onderzoeken van mogelijke verschillen tussen de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator en de daadwerkelijke uitvoering. Ten tweede is gekeken naar de mogelijkheden van het actief bijsturen van de logistiek tijdens de uitvoering en welke voordelen dit op zou kunnen leveren.

Hiervoor zijn verschillende gegevens verzameld van de drie werken. Ten eerste zijn voor de uitvoering verschillende vragen gesteld aan de asfaltcoördinator over de planning en verwachtingen van het werk. Zo is onder andere het aantal vrachtwagens, ton asfalt, ritten per vrachtwagen en asfaltsets gevraagd. Ook is gevraagd hoe de coördinator tot deze getallen is gekomen. Deze gegevens zijn vergeleken met de daadwerkelijke uitvoering. Tijdens de uitvoering zijn de vrachtwagens uitgerust met een GPS logger die de tijd en locatie van de vrachtwagens heeft bijgehouden. Voor de echte metingen zijn deze GPS loggers eerst getest om de werking te testen en het gebruik onder de knie te krijgen. Daarnaast zijn logboeken van de vrachtwagens en de spreidmachine bijgehouden. Op basis van de verzamelde gegevens is onderzocht hoe lang de vrachtwagens over een bepaalde activiteit deden. Bijvoorbeeld hoe lang ze deden over het lossen en hoe lang ze moesten wachten bij de centrale of op het werk. Van de spreidmachine zijn de momenten waarop hij stilstond en waarom bijgehouden en zijn bijzonderheden vermeld. Van de vrachtwagens zijn de aankomst- en vertrektijden en de start van het lossen bijgehouden in de logboeken. Aan de hand van deze gegevens kon een goed beeld gevormd worden van de uitvoering van het werk.

De gegevens van de loggers zijn in Microsoft Excel bewerkt, zodat ze ingevoerd konden worden in Google Earth. Dit programma plote vervolgens alle metingen op de kaart. Hierdoor kon op basis van de geplotte ritten en de bijgehouden logboeken van de spreidmachine en de vrachtwagens de tijdsduur van de verschillende activiteiten geanalyseerd worden. Helaas hebben de GPS loggers niet helemaal feilloos gewerkt, twee keer waren de gegevens niet helemaal volledig, de gegevens konden echter aangevuld worden met de logboeken, zo is toch een totaalplaatje ontstaan. Hierbij viel op dat de chauffeurs nogal verschillende routes van de centrales naar de werken gebruiken.

Vervolgens zijn de gegevens vergeleken met de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator. Ook is de stilstand van materieel bekeken en is onderzocht of dit voorkomen of beperkt had kunnen

worden door actieve bijsturing van materieel tijdens de uitvoering. Op basis van de geanalyseerde gegevens zijn de volgende conclusies getrokken.

De verwachtingen van de asfaltcoördinator over de uitvoering komen vaak uit. Dit betekent echter niet dat deze uitvoering de optimale is.

De belangrijkste factor voor het ontstaan van stilstand van de asfaltset is het feit dat vrachtwagens niet verspreid aankomen bij het werk maar tegelijk. Daardoor vallen tussen deze aankomsten grote gaten waarin er geen asfalt aankomt. Daarbij is gebleken dat actieve bijsturing van de logistiek dit kan verbeteren en zodoende de stilstand kan verminderen en de kwaliteit en efficiëntie verbeteren.

Op basis hiervan zijn de volgende aanbevelingen gedaan. Meestal is spreiding van de vrachtwagens al ingepland voor de eerste aankomst op de centrale, in praktijk blijkt dit echter niet goed te werken. Doordat vrachtwagens nooit precies op tijd aankomen en door wachttijden bij de centrale is de spreiding bij vertrek van de centrale vaak al verdwenen. De vrachtwagens moeten vanaf de centrale daarom met een bepaald interval weggestuurd worden naar het werk. Daarnaast moet dit bij latere ritten ook gebeuren.

Ook is het aanbevolen om de voorraad en aanvoer van asfalt inzichtelijk te maken voor de machinist op de spreidmachine door de inzet van een transpot management systeem en boordcomputers in de vrachtwagens. Op deze manier kan de machinist tijdig zijn snelheid aanpassen indien dat nodig is.

Hierbij is het belangrijk dat het uitvoerend personeel het belang van deze maatregelen kent en inziet. Dit personeel is verantwoordelijk voor de daadwerkelijke uitvoering, implementatie van de maatregelen heeft geen zin als hier geen draagvlak voor is bij hen.

Daarnaast zijn er nog verschillende aanbevelingen gedaan voor andere onderzoeksonderwerpen die tijdens dit onderzoek naar voren zijn gekomen maar niet binnen het bereik van dit onderzoek vielen. Dit zijn een onderzoek naar de omvang van de impact van stilstand van de spreidmachine op de kwaliteit van het asfalt. Daarbij moeten ook de daaruit voortkomende kosten van eventuele reparaties meegenomen worden.

Verder kan er onderzoek verricht worden naar goed voorraadbeheer bij asfaltcentrales, en naar de invloed van het soort vrachtwagen, de isolatiesoort en de ritduur op de afkoeling van asfalt.

1 Onderzoekskader

1.1 Inleiding

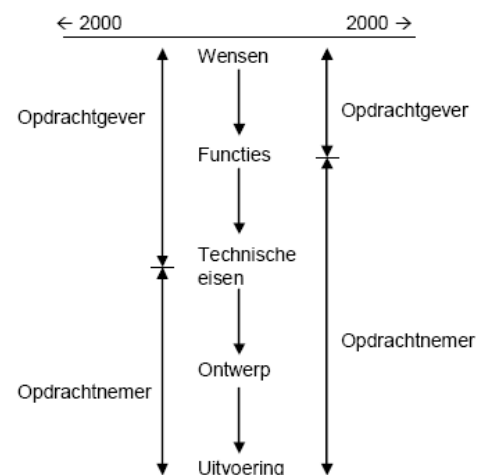
In dit hoofdstuk zal de opzet van dit bacheloronderzoek besproken worden. Het onderwerp van dit onderzoek is de logistiek in de asfaltwegenbouw. In het bijzonder zal dit onderzoek zich richten op de invloed van de logistiek op de kwaliteit en efficiëntie van de asfaltverwerking. Dit zal gedaan worden aan de hand van verzamelde gegevens van de case “Zestienhoven” (Dura Vermeer 2008). Hiernaast kunnen tijdens het onderzoek andere gegevens verzameld worden. Met deze gegevens zal het logistieke proces geanalyseerd worden.

Vanwege het feit dat de beschikbare gegevens maar een beperkte informatievoorziening zijn zal gedurende het onderzoek bepaald moeten worden of deze voldoende is om de doelstelling te halen. Dit zal gebeuren nadat de gegevens geïnventariseerd zijn en de benodigde theorie onderzocht is. De uitvoering hiervan zal in dit hoofdstuk verder aan bod komen.

De opbouw van dit hoofdstuk is verder als volgt. In de aanleiding zal het onderzoeksgebied verder worden behandeld. Tevens komt de aanleiding voor dit onderzoek aan bod in de vorm van een probleemstelling. Vervolgens zal in de doelstelling het doel van de opdracht weergegeven worden. Hierna worden de hoofd- en sub vragen van de vraagstelling weergegeven. Als de antwoorden op deze vragen bekend zijn is aan het doel van het onderzoek voldaan. Hoe het antwoord op deze vragen gevonden zal worden wordt behandeld in het plan van aanpak. Tot slot wordt in de leeswijzer het verdere rapport toegelicht.

1.2 Aanleiding

De afgelopen jaren is er in de asfaltbouw een professionalisatie in gang gezet. De aanzet tot deze professionalisatie is gegeven door Rijkswaterstaat (RWS) om zodoende de kwaliteit van het asfaltbouwproces en de Nederlandse wegen te verbeteren en daardoor het uitgegeven geld zo efficiënt mogelijk te benutten. Dit is onder andere gedaan door het gebruik van een andere aanbestedingsmethode door RWS. De methode die hiervoor door RWS gehanteerd werd was het aanbesteden van een volledig ontworpen weg die moest voldoen aan allerlei vaststaande regels. De nieuwe methode is op basis van design en construct en in sommige gevallen design, construct & maintain (DCM). Dit verplicht asfaltbedrijven om zich te richten op het verbeteren van de efficiëntie op alle gebieden (ASPARI, 2009). Een voorbeeld hiervan is dat men voorheen slechts moest voldoen aan het bestek van RWS met eisen waaraan een weg moest voldoen en dan ook geen moeite deed om te innoveren. Door het gebruik van DCM is het voor asfalt bedrijven interessant geworden om te onderzoeken hoe een weg zo voordelig mogelijk aangelegd maar ook onderhouden kan worden. De verantwoordelijkheid is dus verschoven van opdrachtgever naar aannemer. Zie Figuur 1-1-1 Verschuiving van Verantwoordelijkheden.



Figuur 1-1-1 Verschuiving van Verantwoordelijkheden (Huerne & Doree, 2006)

Nieuwe contracten zoals prestatie- en DCM contracten, zwaardere concurrentie en de wil om zich te onderscheiden dwingt bedrijven te investeren in product- en procesverbeteringen. Deze veranderingen hebben het speelveld van de markt significant veranderd. Bedrijven zien zichzelf geconfronteerd met nieuwe spelregels. Prestatie contracten en langere garantieperioden zorgen ook voor nieuwe risico's (Ang, Groosman, & Scholten, 2005). Bedrijven voelen de druk van de nieuwe concurrentie maar zien ook de mogelijkheden om zich te onderscheiden. Asphaltbedrijven zoeken daarom betere controle over het bouwproces, over de planning van resources en werk en over prestaties. Verbeterde controle reduceert het risico op faalkosten tijdens de bouw en tijdens de garantieperiode (Miller & Doree, 2008). Dit heeft geleid tot onderzoek op vele gebieden in de asfaltsector naar betere en efficiëntere werkmethoden. In dit kader is het Asphalt Paving Research & Innovation (ASPARI) opgezet. ASPARI is een samenwerkingsverband tussen verschillende aannemers in de asfaltsector en de universiteit Twente. In ASPARI wordt onderzoek gedaan naar allerlei vraagstukken die van invloed zijn op de kwaliteit van asfalt. Dit onderzoek valt onder ASPARI (ASPARI, 2009).

Het onderdeel van de asfaltindustrie waar dit onderzoek zich op zal richten is het logistieke proces dat plaatsvindt in het grotere proces van de asfaltsector. Dit proces begint al bij de aanvoer van grondstoffen naar de centrale en speelt tot het asfalt op de plek van bestemming ligt. Het proces is verder van invloed op de voorgaande en vervolgende processen. Zo moet de productie van asfalt worden aangepast aan het logistieke proces. Er kan bijvoorbeeld wel veel asfalt geproduceerd worden maar als er geen vrachtwagens zijn om het te vervoeren of als de asfaltset het niet zo snel kan verwerken heeft dat weinig zin. Ook het verwerken van asfalt door een asfaltspreidmachine en het walsen worden beïnvloed door de logistiek. Doordat de logistiek van invloed is op al deze processen is de invloed van de logistiek op het totale wegenbouw proces erg groot. De logistiek beïnvloedt namelijk direct de efficiëntie van de asfaltverwerking en de kwaliteit van het eindproduct, en is daarmee ook direct van invloed op de kosten en de opbrengst van een werk.

Door logistieke problemen kan de efficiëntie van het werk verminderd zijn. Hierbij valt te denken aan de asfaltset die moet wachten op de aanvoer van asfalt en aan vrachtwagens die op de centrale of het werk staan te wachten tot ze kunnen laden of lossen. Dit is onder andere kwalijk omdat de asfaltset en het transport van het asfalt een groot deel van de totale kosten van een werk vormen (VWB Asfalt, 1996). Door een goede logistiek kan er efficiënter gewerkt worden. Dit betekent dat het gebruikte materieel en mankracht zo snel mogelijk kan werken. Door het stilstaan van mankracht en materieel zoveel mogelijk te beperken kunnen de kosten beperkt worden.

De logistiek heeft ook op verschillende manieren invloed op de kwaliteit van het geleverde werk. De kwaliteit van asfalt wordt voornamelijk bepaald door het gebruik van de juiste grondstoffen in de juiste hoeveelheden op de asfaltcentrale en door de verwerking op het werk. Als door een slechte logistiek de aanvoer op het werk onregelmatig is moet de asfaltset langzamer gaan werken of zelfs tijdelijk stil gaan staan. Hierdoor zijn er verschillen in temperatuur van het product of zelfs koude lassen tegen de tijd dat de walsen beginnen met verdichten. Aangezien de verdichting van asfalt een zeer belangrijke factor is voor de sterkte van het product is dit slecht voor de kwaliteit. De verdichting is namelijk direct afhankelijk van de temperatuur van het asfalt. Voor een goede verdichting en daarmee een goede kwaliteit van het product is een homogene temperatuur dus wenselijk (Huerne, Compaction of Asphalt Road Pavements, 2004).

In dit onderzoek zal daarom onderzocht worden wat de invloed is van het logistieke proces op de andere processen in de asfaltindustrie en wat dit betekend voor de efficiëntie van het werk en de kwaliteit van het asfalt.

Bij de renovatie van de start- en landingsbaan van Rotterdam Airport (Zestienhoven) zijn er door Dura Vermeer gegevens verzameld met betrekking tot de logistiek. Deze gegevens zullen voor zover mogelijk gebruikt worden voor analyse van het logistieke proces. Op basis van dit onderzoek zullen

aanbevelingen worden gedaan ter verbetering van de logistiek in de asfaltbouw en voor verder onderzoek.

1.3 Probleemstelling

Om op een efficiënte manier een kwalitatief hoogstaand product te leveren is een goede logistiek vereist. Het huidige logistieke proces kan efficiënter gestroomlijnd worden en is niet optimaal voor de kwaliteit van het geleverde werk doordat de continuïteit van het materieel niet gewaarborgd is.

1.4 Doelstelling

Onderzoeken wat de invloed van de logistiek is op de efficiëntie en de kwaliteit van de asfaltproductie, waar de knelpunten liggen en welke verbeteringen er mogelijk zijn.

1.5 Vraagstelling

Om deze doelstelling te bereiken zullen hiertoe bepaalde vragen gesteld en beantwoord moeten worden. Door de volgende hoofd- en subvragen te beantwoorden zal aan de doelstelling van het onderzoek voldaan worden.

Welke factoren hebben invloed op de kwaliteit van asfalt en efficiëntie van het wegenbouwproces?

- Hoe gaat het asfaltwegenbouw proces in zijn werk?
- Waar hangt de kwaliteit van het asfalt vanaf?
- Waar hangt de efficiëntie van het asfaltbouwproces vanaf?

Wat is de invloed van het logistieke proces op de kwaliteit en de efficiëntie?

- Wat is logistiek?
- Hoe beïnvloed de logistiek de kwaliteit van het asfalt?
- Hoe beïnvloed de logistiek de efficiëntie van het proces?

Wat kan er op basis van de beschikbare gegevens van Zestienhoven gezegd worden over de logistiek?

- Welke gegevens zijn er precies beschikbaar en wat kan hiermee gezegd worden?
- Leveren de gegevens van de case “Zestienhoven” genoeg informatie om aan de doelstelling te voldoen?

Zijn er extra gegevens verkrijgbaar waarmee aan de doelstelling voldaan kan worden?

- Welke gegevens zijn nodig om aan de doelstelling te voldoen?
- Zijn deze gegevens binnen het kader van dit onderzoek verkrijgbaar?

Waar liggen de knelpunten in het logistieke proces die de efficiëntie en/of kwaliteit negatief beïnvloeden?

Welke aanbevelingen kunnen er gedaan worden met betrekking tot het logistieke proces, zodat daarmee de kwaliteit en/of efficiëntie positief beïnvloed worden?

1.6 Plan van aanpak

In dit plan van aanpak zal behandeld worden hoe aan de doel- en vraagstelling voldaan zal worden. Door de vraagstelling te beantwoorden zal voldaan worden aan het doel van dit onderzoek. Per vraag zal behandeld worden hoe deze beantwoordt zal worden.

Welke factoren hebben invloed op de kwaliteit en efficiëntie van het asfaltwegenbouwproces?

Het antwoord op deze vraag zal gezocht worden door middel van een korte algemene literatuurstudie van enkele dagen. Deze studie zal zich voor de eerste subvraag op een algemene inventarisatie van de asfaltwegenbouw richten. Voor de tweede en derde subvraag zal de literatuurstudie zich richten op de kwaliteit en efficiëntie in de asfaltwegenbouw. Eerst zal onderzocht worden wat kwaliteit en efficiëntie inhouden met betrekking tot de asfaltsector. Naast het gebruik van literatuur zal ook de kennis van de begeleiders gebruikt worden. Deze gecombineerde kennis moet leiden tot een lijst met factoren die van invloed zijn op de kwaliteit en efficiëntie.

Wat is de invloed van het logistieke proces op de kwaliteit en de efficiëntie?

Vervolgens zal de theorie achter de logistiek in de asfaltsector onderzocht worden door een literatuurstudie. Dit zal gecombineerd worden met de genoemde factoren die van invloed zijn op de kwaliteit en efficiëntie. Hieruit volgt hoe de logistiek ingrijpt in het totale proces. Dit gebeurt door te kijken op welke van de bij de vorige vraag opgestelde factoren de logistiek van invloed is. Hieruit volgt een lijst met door de logistiek beïnvloede kwaliteit- en efficiëntiefactoren.

Wat kan er op basis van de beschikbare gegevens van Zestienhoven gezegd worden over de logistiek?

Het tweede deel van het onderzoek zal zich bezig houden met informatie uit de praktijk. Er zal eerst onderzocht worden of de gegevens van de case “Zestienhoven” gebruikt kunnen worden. Zo wordt onderzocht welke informatie er precies beschikbaar is en wat hiermee over de logistiek gezegd kan worden. De logistiek wordt vervolgens kort bekeken aan de hand van deze gegevens. Vervolgens wordt onderzocht welke extra gegevens eventueel nodig zijn.

Zijn er extra gegevens verkrijgbaar waarmee aan de doelstelling voldaan kan worden?

Er moet gekeken worden met welke extra gegevens er aan het doel voldaan kan worden. Wanneer bekend is welke gegevens benodigd zijn moet er onderzocht worden of deze gegevens binnen het bereik van dit onderzoek te verkrijgen zijn. Dit betekent dat het binnen het kader van dit onderzoek mogelijk is om de gegevens te verkrijgen en deze vervolgens te analyseren.

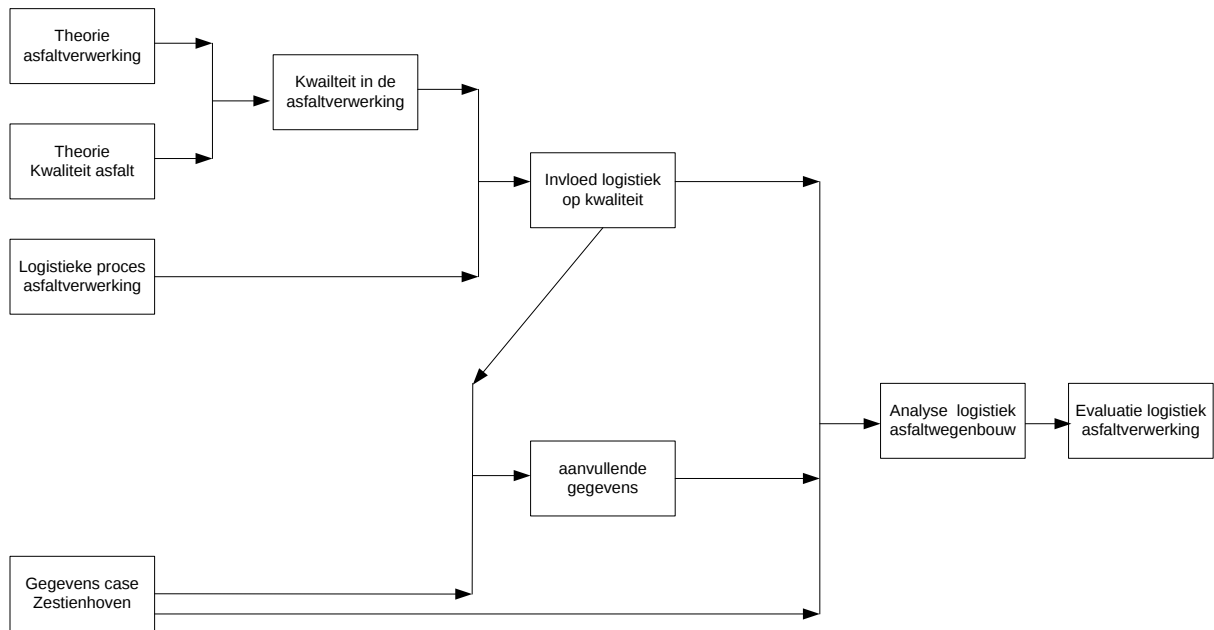
Waar liggen de knelpunten in het logistieke proces die de kwaliteit en/of efficiëntie negatief beïnvloeden?

Door het combineren van de verzamelde gegevens en de onderzochte invloed van de logistiek op de op de kwaliteit en efficiëntie kunnen knelpunten in het logistieke systeem opgespoord worden. De belangrijke factoren die uit de literatuurstudie naar voren zijn gekomen kunnen getoetst worden aan de praktijk. Hierbij kan onderzocht worden waar het eventueel misloopt.

Welke aanbevelingen kunnen er gedaan worden met betrekking tot het logistieke proces zodat daarmee de kwaliteit en/of efficiëntie positief beïnvloed worden?

Na het beantwoorden van de voorgaande vragen zijn de mogelijke knelpunten in het logistieke proces bekend. Op basis van deze knelpunten kunnen aanbevelingen worden gedaan om de kwaliteit en efficiëntie te verbeteren.

In onderstaand onderzoeksmodel is vastgelegd welke stappen er gezet moeten worden richting het beantwoorden van de vraagstelling en het voldoen aan de doelstelling.



Figuur 1-2 Onderzoeksmodel

1.7 Leeswijzer

Dit rapport is opgesteld om aanbevelingen te doen op het gebied van de logistiek van de wegenbouwsector waarmee de kwaliteit en/of de efficiëntie van deze sector verbeterd kan worden. Aan het eind van elk hoofdstuk is een conclusie geplaatst waarin de uitkomsten van het hoofdstuk worden samengevat.

Om meer inzicht te krijgen in de invloed van de logistiek op de asfaltsector worden in hoofdstuk twee de logistiek, efficiëntie en kwaliteit in de asfaltsector behandeld. Hieruit volgen door de logistiek beïnvloede kwaliteit en efficiëntiebepalende factoren aangewezen.

Hoofdstuk drie beschrijft de logistiek in de asfaltsector aan de hand van praktijkgegevens van de case “Zestienhoven”. Deze evaluatie vindt plaats aan de hand van de factoren die uit de literatuurstudie naar voren zijn gekomen.

In hoofdstuk vier is de verdere opzet van het onderzoek weergegeven. Deze opzet is opgesteld op basis van de literatuurstudie en de evaluatie in hoofdstuk drie.

Om de logistiek verder te evalueren zijn nieuwe gegevens verzameld. In hoofdstuk vijf is de opzet van de metingen beschreven. Ook zijn de eerste resultaten in de vorm van interviews met de asfaltcoördinator weergegeven. Hieruit zijn de planning en verwachtingen voor de uitvoering van de projecten opgesteld.

In hoofdstuk zes zijn de voorgaande hoofdstukken gecombineerd. Eerst zijn de resultaten van de metingen weergegeven. Vervolgens zijn de resultaten van de metingen getoetst aan de hand van de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator. En is de invloed op de kwaliteit- en efficiëntiefactoren bepaald.

Tot slot wordt in hoofdstuk zeven terug gekeken naar het doel van dit onderzoek. Daarbij zijn de hoofd- en subvragen die in de onderzoeksopzet gesteld zijn beantwoord. Hieruit volgen de conclusies en aanbevelingen.

Daarnaast zijn er verschillende bijlagen bijgevoegd aan dit verslag. In bijlage één worden de gebruikte GPS loggers en computerprogramma's behandeld. De uitvoering van de metingen komt aan bod in bijlage twee. Ook worden hierin de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator weergegeven. De resultaten van de GPS metingen en logboeken voor de vrachtwagens staan in bijlage drie en de logboeken van de spreidmachines in bijlage vier.

2 literatuurstudie

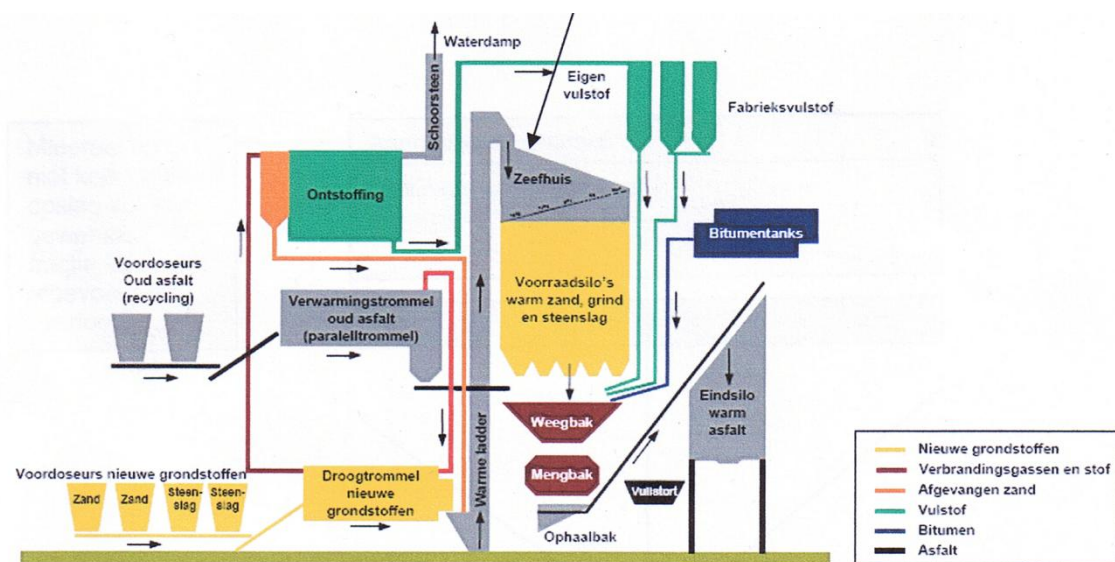
2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal het asfaltverwerkingsproces centraal staan. Kennis van dit proces is vereist om de logistiek van dit proces te analyseren. Hierbij wordt het totale productieproces kort beschreven. Daarnaast zal aangegeven worden welke zaken van invloed zijn op de kwaliteit van het asfalt en de efficiëntie van het proces. Vervolgens wordt ingegaan op het logistieke proces in de asfaltverwerking en hoe dit bij Dura Vermeer in zijn werk gaat. Om de logistiek te analyseren moet bekend zijn hoe de logistiek de kwaliteit en de efficiëntie beïnvloed. Daarom is de genoemde kennis te gecombineerd en zijn daaruit de door logistiek beïnvloede kwaliteit- en efficiëntiebepalende factoren aangewezen.

2.2 Asfaltproductie

Asfalt is een mengsel dat bestaat uit verschillende ingrediënten welke samen een skelet en een lijm vormen. Het skelet bestaat uit een combinatie van steenslag, grind en of zand afhankelijk van het soort asfalt. De lijm zorgt voor de opvulling van de holle ruimtes en de verbinding tussen het skelet en bestaat afhankelijk van het soort asfalt uit bitumen, vulstof en soms zand. Er zijn een aantal hoofdsoorten asfalt, door het variëren van gebruikte ingrediënten en verhoudingen zijn er echter vele asfaltvarianten leverbaar, deze verschillen weinig van elkaar. Alle ingrediënten behalve de bitumen en het vulstof worden per schip naar de asfaltcentrale vervoerd. De bitumen en vulstof worden per vrachtwagen aangeleverd. Afhankelijk van de soort worden de bitumen opgeslagen bij een temperatuur tussen de 150 en 180 graden (VWB Asfalt, 1996).

Bij de asfaltcentrale (zie Figuur 2-1) worden de ingrediënten verwerkt tot asfalt. Afhankelijk van het asfaltrecept worden materialen door de voordoseurs doorgelaten. Deze materialen gaan vervolgens door een droogtrommel met een gasbrander die de ze droogt en verhit tot een temperatuur tussen de 160 tot 180 graden. Vervolgens worden de grondstoffen weer in fracties gezeefd en in “warme” mineraalbunkers opgeslagen. De fracties worden hierna weer in de juiste hoeveelheden doorgelaten in de mengtrommel. Hier worden ook de vulstoffen en warme bitumen uit de silo's toegevoegd. Bij bepaalde asfaltsoorten kan ook gerecycled asfaltgranulaat toegevoegd worden met een tot maximum van circa 50% van het totale mengsel.



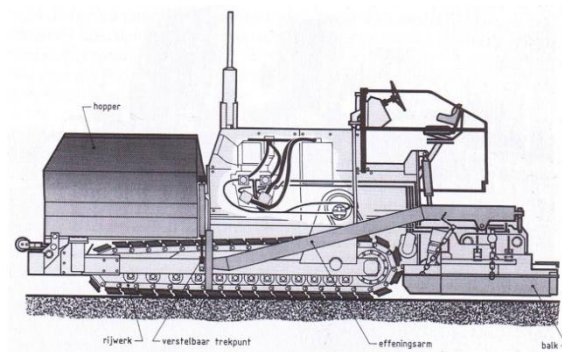
Figuur 2-1 Schematische weergave asfaltinstallatie (Asfaltcentrale Stedendriehoek v.o.f., 2003)

Na het mengen wordt het warme asfalt opgeslagen in geïsoleerde silo's, het heeft dan een temperatuur tussen de 150 en 180 graden. Fijnstof dat vrijkomt tijdens het proces wordt afgevoerd naar een filter systeem, dit stof wordt weer gebruikt als vulstof in asfalt.

Het beschreven proces is een discontinu systeem, er bestaan ook (semi-) continue systemen waarvan de werking echter grotendeels vergelijkbaar is (VWB Asfalt, 1996).

De volgende stap is het transport van het asfalt, verreweg de meest gebruikte manier hiervoor is vervoer over de weg. Hiervoor worden vrachtwagens en opgelegde kippers gebruikt, deze kunnen het asfalt zelf in de spreidmachine dumpen. Er is onderzoek uitgevoerd naar andere transportmogelijkheden in verband met de vele files in Nederland. Alternatieven zijn vervoer per spoor of binnenvaart. Tot nu toe wordt dit echter nog niet op grote schaal toegepast omdat de netwerken te grofmazig zijn. Verder is deze manier van transport alleen rendabel als het om grote hoeveelheden gaat.

Ook wordt er gekeken naar het gebruik van geïsoleerde containers of silo's waardoor het mogelijk is om asfalt eerder op het werk af te leveren en zodoende de spits te mijden. Door de buffer wordt stagnatie van het werk voorkomen, maar ook deze transportmethode staat nog in de kinderschoenen (Satter, 2007). Er is ook onderzoek gevoerd naar het gebruik van een LZV (Langere Zwaardere Vrachtautocombinatie). Hoewel deze LZV's minder vaak hoeven te rijden hebben ze ook verschillende nadelen zoals slechte manoeuvreerbaarheid. Ze worden daarom nog niet op grote schaal toegepast (Arcadis, 2006).



Eenmaal aangekomen op het werkterrein moet het asfalt verwerkt worden tot een weg. Het asfalt wordt aangebracht op een gefundeerde onderlaag, dit kan een fundatielaag zijn of een eerdere asfaltlaag. Het aanbrengen van asfalt gebeurt in twee stappen, eerst brengt de asfaltspreidmachine (zie Figuur 2-2 Asfaltspreidmachine (VWB Asfalt)) het asfalt als een vlakke laag aan waarna de walsen de laag verder verdichten.

Figuur 2-2 Asfaltspreidmachine (VWB Asfalt)

De spreidmachine ontvangt het asfalt vanuit de vrachtwagen in een opvangbak, de hopper. De vrachtwagen wordt hierbij vooruit geduwd door de spreidmachine. Vanuit de hopper wordt het asfalt naar de achterkant van de machine gevoerd en daar over de breedte van de machine verdeeld door schoepen. Het asfalt wordt hier tot een vlakke laag geduwd door stampmessen of een trillende plaat en een zware balk die als het ware achter de machine aangesleept wordt. Deze balk is met een scharnierpunt aan de machine bevestigd en drijft als het ware op het "vloeibare" asfalt. Door deze constructie vormt de balk een vlakke laag, ook als de ondergrond dat niet is.

Hierna wordt het asfalt verdicht door walsen. Er bestaan verschillende soorten walsen met zware stalen rollen of met luchtbanden. Sommige walsen kunnen daarnaast ook nog trillen voor extra effect. Er zijn veel verschillende factoren van invloed op het effect van een wals zoals: laagdikte, temperatuur, type en gewicht van de wals, etc. Zodra het asfalt te koud is kan het niet verder verdicht worden omdat de viscositeit van de bitumen daarvoor dan te laag is. De tijd die hiervoor beschikbaar is hangt af van de verwerkingstemperatuur en de afkoelingscurve van het asfalt (VWB

Asfalt, 1996). Hierna moeten nog belijning en verkeerstekens aangebracht worden en dan is de weg klaar voor gebruik.

2.3 Kwaliteit asfalt

Om iets te kunnen zeggen over de kwaliteit van asfalt moet eerst bekend zijn wat kwaliteit is. Een definitie van kwaliteit is: mate waarin iets goed is; gesteldheid, hoedanigheid (Van Dale, 2005).

In het geval van de asfaltindustrie moet minimaal worden voldaan aan het wettelijk vastgestelde CE keurmerk en eventuele eisen van de klant. Het CE keurmerk moet afgegeven zijn voor het asfaltrecept en de asfaltcentrale. Daarnaast is het in het geval van DC&M contracten voor de producent zelf gunstig om een product te leveren dat weinig onderhoud nodig heeft en dus van een hoge kwaliteit is.

Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op de kwaliteit van het asfalt. Ten eerste is het gebruikte recept van invloed op de kwaliteit. Binnen de marges van het CE keurmerk mag geschoven worden door de producent om bepaalde eigenschappen te bereiken. Elk zo verkregen recept moet gekeurd worden. Daarnaast heeft elk asfaltsoort zijn eigen specifieke eigenschappen. Deze eigenschappen zorgen ervoor dat niet elk mengsel geschikt is voor elke toepassing. Zo is ZOAB geschikt als top laag doordat het water goed doorlaat en op die manier afvoert van het rijdek en doordat het een geluidsreductie realiseert. Voor gebruik in de onderlaag waar het de as lasten op moet vangen is het echter juist niet geschikt (Schottert, 2008).

De fundering waarop geasfalteerd wordt is ook van belang. Als de fundering niet sterk genoeg is voor de krachten die er via het asfalt op komen zal de onderlaag gaan vervormen. Het asfalt zal meebewegen met de onderlaag en kan daardoor scheuren of andere slijtage gaan vertonen (VWB Asfalt, 1996).

Een goede hechting tussen de asfaltenlagen is ook van groot belang voor de sterkte van de constructie. De onderliggende asfaltenlaag moet schoongemaakt worden en daarna voorbewerkt met een kleefmiddel. Het kleefmiddel bestaat hoofdzakelijk uit water en bitumen, daarnaast zitten er nog stoffen in die ontmenging van die twee stoffen tegen gaan. Door de kleeflaag kan de nieuwe laag asfalt goed hechten aan de oude laag. Er mag geen staand water of vuil op de onderlaag liggen omdat de kleeflaag dan niet goed hecht, de kleeflaag zou zo van het asfalt af stromen. De ondergrond mag wel vochtig zijn omdat de kleeflaag dan juist beter hecht dan op een droge ondergrond. Als er na het kleven water op komt is dat geen probleem, dit water stroomt er gewoon af en de kleeflaag blijft zitten doordat deze aan het asfalt gehecht is. (VWB Asfalt, 1996).

Het verdichten van asfalt is één van de belangrijke factoren voor de kwaliteit van het product. Het asfalt wordt in een “losse” staat aangeleverd worden. Dit betekent dat er veel lege ruimte in het materiaal zit daarom moet het materiaal verdicht worden (Huerne, Compaction of Asphalt Road Pavements, 2004). Deze verdichting gebeurt in twee stappen. De eerste stap gebeurt door de spreidmachine die zorgt voor de voorverdichting. Na deze voorverdichting is de dichtheid afhankelijk van het mengsel 85 tot 95%. De eindverdichting gebeurt met de walsen en moet gebeuren voor het mengsel teveel is afgekoeld. De tijd die hiervoor beschikbaar is hangt af van de verwerkingstemperatuur en de afkoelingscurve van het asfalt. De verwerkingstemperatuur is weer afhankelijk van de temperatuur van het asfalt uit de molen, de tijd die het asfalt onderweg is geweest van de centrale naar het werk en de isolatie van de vrachtwagen. (VWB Asfalt, 1996).

Er wordt bijna het hele jaar door geasfalteerd, in januari en februari ligt de productie helemaal stil maar in december wordt er vaak nog lang doorgewerkt. Slechte weersomstandigheden kunnen echter nadelig zijn voor de kwaliteit. De temperatuur is van directe invloed op de afkoeling van het asfalt. Voor de onderlagen is dit geen probleem, doordat dit meestal dikke lagen zijn houden deze lagen hun warmte beter vast. De walsen zullen hooguit dichter achter de spreidmachine werken. Voor dunne deklagen van open asfalt vormt dit wel een probleem, deze houden hun warmte minder

goed vast. Daarnaast gaat de wind door het open asfalt heen waardoor de afkoeling nog sneller plaatsvindt. Hierdoor kan het verdichten van het asfalt minder goed uitgevoerd worden wat nadelig is voor de kwaliteit. Vooral als de spreidmachine stil moet staan leidt dit snel tot problemen.

Ondanks dat de kwaliteitsdiensten vaak negatief advies uitbrengen worden ook dunne deklagen bij koud weer gedraaid, bijvoorbeeld vanwege prestatiecontracten waarin data voor openstelling van de weg zijn vastgelegd (Schottert, 2008).

Tot slot is de homogeniteit van het mengsel van belang. Hier worden twee factoren mee bedoeld, ten eerste de verdeling van de ingrediënten en ten tweede de verdeling van de temperatuur. De homogeniteit van de ingrediënten is belangrijk omdat de kwaliteit afhangt van de mengselsamenstelling. Bij ontmenging is de samenstelling niet meer goed. Als er ontmenging plaatsvindt zal de kwaliteit van het asfalt daarom minder zijn. Ontmenging kan bijvoorbeeld ontstaan door de trilling tijdens transport waardoor de grotere delen bovenop komen drijven.

Ten tweede is de homogeniteit qua temperatuur van belang. Dit is een zeer belangrijke factor omdat de verdichting van het asfalt van de temperatuur afhangt. Schommelingen in temperatuur ontstaan bijvoorbeeld doordat vrachten aan de buitenkant sneller afkoelen dan aan de binnenkant. Het asfalt koelt nog verder af in de hopper en onder de balk af als de asfaltset stilstaat. Naast slechtere verdichting heeft ook de vlakheid van de weg te lijden onder stilstand (Miller & Doree, 2008). Als gevolg van de afkoeling ontstaat er plaatselijk een hardere laag, als hier bij het verdichten geen rekening mee gehouden wordt ontstaat hier een oneffenheid (Schottert, 2008). Wanneer het asfalt in het algemeen vrij koud is kan dit opgevangen worden met extra walsovergangen. plaatselijke koude plekken zijn veel lastiger op te vangen omdat de plaatselijke temperatuur en de verdichting niet te zien zijn voor een walsmachines. Uit onderzoek van Beers en Mangnus is gebleken dat deze koude plekken grotendeels de bepalende factor zijn voor de levensduur van ZOAB. Ook de geluidsdempende werking van ZOAB lijdt hieronder (Beers & Mangnus, 2006). De invloed van deze factor op de kwaliteit van asfalt is dus erg groot, terwijl lastig te identificeren is tijdens de uitvoering. Om dit te voorkomen is continuïteit van de aanvoer van asfalt en van de asfaltset de belangrijkste voorwaarde. Als de snelheid van de asfaltset is afgestemd op de aanvoer worden deze problemen voorkomen. Het is ook belangrijk dat de aanvoerende vrachtwagens goed geïsoleerd zijn omdat anders de temperatuur teveel verschilt in de vracht. Door de klep van de asfaltwagens en de daardoor ontstane asfaltstroom vindt veel ontmenging plaats. Het gebruik van een kleine klep die naar boven toe opent zorgt voor veel minder ontmenging (Schottert, 2008).

Samenvattend zijn de kwaliteitsfactoren voor asfalt als volgt:

- Het gebruikte asfaltrecept
- De gebruikte onderlaag
- De hechting tussen de asfaltlagen
- De verdichting
- Weersomstandigheden
- De continuïteit van de asfaltset
- De homogeniteit van het mengsel qua ingrediënten en temperatuur.

2.4 Efficiëntie

Naast het leveren van kwaliteit is een efficiënt werkproces van grote waarde. Een definitie voor efficiëntie is: Het verkrijgen van het grootst mogelijke effect of resultaat of uit een gegeven kracht, middel of toestand (Van Dale, 2005). Met de ingezette middelen het maximale bereiken. Dit komt op verschillende punten terug in de asfaltindustrie. Efficiëntie heeft in dit geval vooral te maken met weinig energie en materiaal verspillen en minimale stilstand bij het gebruikte materieel. Hierdoor kan er op de kosten bespaard worden. De voor de efficiëntie van belang zijnde factoren zullen hier behandeld worden.

Voorraden opslaan kost geld op twee manieren, ten eerste moet er ruimte beschikbaar zijn voor opslag. Daarnaast ontvangt men over het uitgegeven geld geen rente of betaald men over het geleende geld rente. Tevens moeten opgeslagen bitumen verwarmd worden wat elektriciteit kost. Het is dus efficiënt om niet te veel voorraden op te slaan. Aan de andere kant is het verkopen aan een late klant inkomstenderving en is het daarom handig om een voorraad te hebben. Hiertussen moet een goede afweging gemaakt worden. Het is ook efficiënt om de silo's voor de bitumen goed te isoleren, in de huidige asfaltcentrales is deze isolatie al goed.

Bij de volgende stap in het proces, de productie van asfalt, wordt veel energie gebruikt voor het verwarmen van de ingrediënten. Het is efficiënt om de plekken waar warm materiaal wordt opgeslagen goed te isoleren, in de huidige centrales is de isolatie al goed voor elkaar (VWB Asfalt, 1996). Verspilling van materiaal is een andere factor die veel mogelijk voorkomen moet worden. Hierbij is het vooral van belang dat de uitvoerder en de asfaltchef tijdens de dag zelf de productie afstemmen op de benodigde hoeveelheid zodat er niet teveel asfalt geproduceerd wordt.

De volgende stappen, het transport en de verwerking van asfalt hebben een wisselwerking. Het inzetten van veel vrachtwagens betekent hoge kosten. Deze kosten komen niet alleen voort uit de inzet van veel materieel maar ook door de mogelijk hogere wachttijden bij de centrale en op het werk. Besparingen op transport kunnen echter leiden tot stilstand van de asfaltset wat ook een kostenpost is. Tussen deze twee moet een optimum gevonden worden. De stilstand van de asfaltset is niet alleen een kostenpost maar ook slecht voor de kwaliteit.

Samenvattend zijn de efficiëntie bepalende factoren als volgt:

- Goed voorraadbeheer
- Minimalisering van de gebruikte energie bij de asfaltproductie
- Optimale inzet van het gebruikte materieel

2.5 Logistiek

Logistiek is: de beheersing van alle goederenstromen, personen- en dataverkeer, nodig om een organisatie te laten functioneren (Van Dale, 2005). Anders gezegd: "de juiste dingen, op de juiste tijd, op de juiste plaats, in de juiste hoeveelheden tegen optimale kosten".

Om dit te realiseren is een goede planning nodig, daarvoor moet de juiste informatie bekend zijn en is een goede communicatie vereist. Op basis van deze planning kan de voorraad worden beheerd en kunnen bestellingen geplaatst worden. In deze paragraaf zal de theorie achter de logistiek aan de orde komen. Daarnaast wordt de planning vanuit het oogpunt van de asfaltcoördinator en de chef centrale bij een asfaltinstallatie bekeken. Een goede planning kan er voor zorgen dat de uitvoering van het werk vloeiend verloopt en is daarmee van belang voor de kwaliteit en efficiëntie.

Lange termijn planning

Zodra een werk wordt aangenomen begint de werkvoorbereiding met het in orde maken van alle zaken die nodig zijn om het werk uit te voeren. Ook wordt er een globale uitvoeringsdatum gekozen, daarbij wordt er een uitvoerder aan het werk gekoppeld. De asfaltcoördinator krijgt vervolgens het asfaltgegevens formulier, hierop staan de asfaltsoorten, het aantal ton asfalt per soort en de globale fases van de uitvoering. Het verdere plannen van het werk gebeurt door overleg tussen de uitvoerder en de asfaltcoördinator (Beltman, 2009).

Hierna worden de soort en hoeveelheid asfalt en de eisen waar het asfalt aan moet voldoen doorgegeven aan de asfaltcentrale. Dit wordt opgenomen in de planning van de centrale. Productie wordt gepland volgens "wie het eerst komt wie het eerst maalt" (Asfaltcentrale stedendriehoek

v.o.f., 2004). De centrale heeft een lange termijn planning met daarin klanten, werken, asfaltmengsels en hoeveelheden per dag per mengsel en totale dagproductie. Op basis hiervan worden de grondstoffen besteld. Gemodificeerde bitumen moeten ook al ver van te voren besteld worden (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003).

De lange termijn planning wordt geleidelijk aan steeds definitiever. De datums voor de levering van asfalt worden ongeveer vijf a zes weken van te voren bepaald door asfaltcoördinator in overleg met de uitvoerder (Beltman, 2009).

Korte termijn planning

Ongeveer twee a drie weken van te voren worden alle werken definitief vastgelegd. Hierbij worden de datums, hoeveelheden en soorten asfalt nogmaals gecontroleerd. Op basis hiervan bestelt de asfaltcoördinator asfalt bij de centrale (Beltman, 2009).

Ook bij de centrale werkt men met een korte termijn planning. Bij de centrale krijgt men van de asfaltcoördinatoren van de verschillende aannemers de geplande werken door. In de planning komen de te produceren hoeveelheden per dag per mengsel aangeleverd te staan. Deze planning dient vanwege de inkopen zo definitief mogelijk te zijn (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003). Vooral bij centrales met weinig opslagcapaciteit is dit belangrijk, deze zijn namelijk minder flexibel als het aankomt op late veranderingen in de planning. Wanneer een centrale maar 4000 ton opslagcapaciteit heeft en er schepen komen van 3000 ton dan moet de voorraad grotendeels op zijn voor een schip kan komen. Als er dan op het laatste moment een klant komt die 1500 ton asfalt wil afnemen dan kan dit niet meer. Ook als voor een werk gemodificeerde bitumen besteld zijn en het werk toch niet doorgaat of uitgesteld word dan zit de centrale met een silo vol niet bruikbare bitumen. Alles is erg afhankelijk van de overige planning, soms komt het juist goed uit als een werk niet doorgaat doordat daardoor een ander groter werk aangenomen kan worden. Andersom kan het ook een inkomstenderving voor de centrale betekenen (Beltman, 2009).

In praktijk komen toch nog vaak wijzigingen voor door weersinvloeden, storingen en veranderingen van de klant. Deze komen door bijvoorbeeld: korte termijn aangenomen werk dat voorrang krijgt of het doorschuiven van werk omdat er nog niet mee begonnen kan worden. Doordat de asfaltcentrale en de asfaltploeg dan al helemaal vol gepland staan is er weinig ruimte om te schuiven. Zo wordt een asfaltploeg vaak de volgende dag ergens anders verwacht. Dit resulteert in het feit dat de ploeg vaak lange dagen moet maken om het werk toch af te krijgen. Ook worden vrachtwagens besteld bij externe transporteurs aangezien Dura Vermeer geen eigen asfaltauto's heeft. Het exacte aantal auto's wordt later vastgesteld (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003) (Beltman, 2009).

Dagplanning

De uitvoerder geeft de dag voor het werk zijn exacte planning door aan de chef installatie van de asfaltcentrale. De chef installatie krijgt van de uitvoerders aan het eind van de dag de definitieve te leveren hoeveelheden voor de volgende dag door. Daarnaast krijgt de chef het aantal vrachtwagens en hun gewenste vertrektijden door. Op basis van deze informatie maakt de chef een dagplanning met productietijden en vertrektijden van de vrachtwagens. Ook kan er eventueel asfalt op voorraad worden gezet in silo's (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003). Daarnaast bestelt de uitvoerder dan ook het exacte aantal vrachtwagens bij de ingehuurde transporteurs.

Op de dag zelf heeft de uitvoerder nog veel contact met de chef installatie over hoe de uitvoering gaat en hoeveel asfalt er nog nodig is. Vaak komt het voor dat de hoeveelheid asfalt afwijkt van de bestelde hoeveelheid, daardoor is er veel communicatie nodig (Beltman, 2009).

Bij de planning wordt weinig rekening gehouden met de afstand van de centrale tot het werk. Meestal wordt de dichtstbijzijnde centrale waarvan de aannemer aandeelhouder is gebruikt en niet de dichtstbijzijnde centrale. Vanwege de goed geïsoleerde vrachtwagens wordt er vanuit gegaan dat dit geen probleem vormt. De inzet van vrachtwagens wordt wel afgestemd op de geschatte omlooptijd van de vrachtwagens. Voor deklagen is het belangrijk dat de asfaltset door kan werken zodat het asfalt niet teveel afkoelt. Daarom wordt er voor deklagen meestal voor een hogere aanvoer gezorgd zodat de asfaltset door kan blijven werken. Deze aanvoer wordt weer afgestemd op de gewenste rijnsnelheid van de asfaltset. De breedte maal de dikte van de asfaltlaag maal de snelheid van de asfaltset levert de benodigde hoeveelheid asfalt per uur op.

Op de dag zelf wordt bij deklagen de snelheid van de asfaltset zoveel mogelijk aangepast aan de aanvoer van asfalt zodat deze door kan werken. Voor onderlagen wordt dit minder gedaan omdat deze lagen beter warmte vasthouden doordat ze dikker zijn. Daarnaast is een koude las in een onderlaag minder erg.

Er wordt door de planning geen rekening gehouden met vertraging door de rijtijdenwet, dit is iets wat door de extern ingehuurd transporteur geregeld moet worden (Beltman, 2009).

Goederenstroom

Als gevolg van de planning komt de goederenstroom op gang. De keten begint met de aanvoer van de grondstoffen. De steenslag, zand en toeslagstoffen worden per schip aangevoerd, deze worden besteld op basis van de lange termijn planning van de asfaltcentrale. Steenslag, zand, toeslagstoffen en gemodificeerde bitumen hebben een levertijd tot vier weken (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003). De bitumen worden warm aangeleverd, dit wordt zoveel mogelijk op de dag van de productie gepland zodat de silo weinig verwarmd hoeft te worden. Als de centrale langere tijd dicht gaat wordt er wel verwarmd. Tijdens de winterstop voor onderhoud koelt de bitumen af en moet voor het opstarten weer opgewarmd worden. (Schottert, Dhr., 2008)

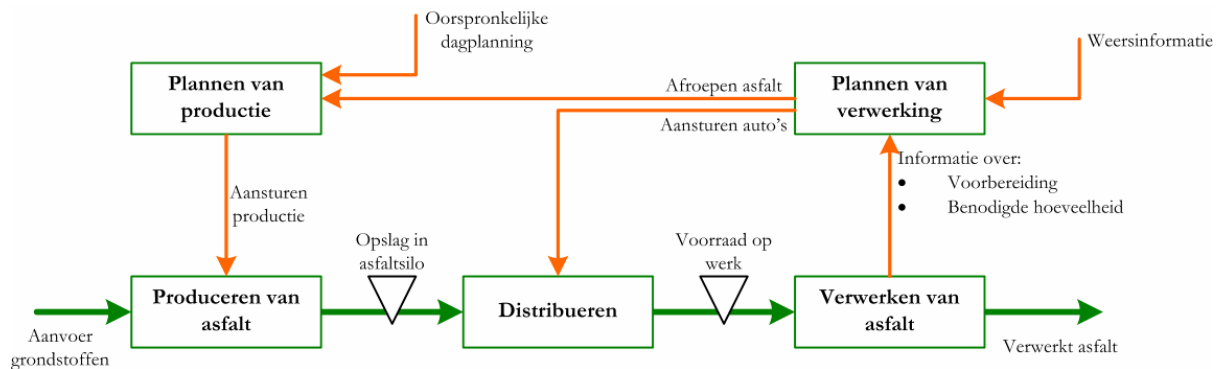
Asfaltinstallaties zijn onafhankelijke instanties met meestal aannemers als aandeelhouders. De productie van het mengsel geschiedt geheel naar verlangen van de klantenwensen. Omdat asfalt niet heel lang op voorraad gehouden kan worden moeten aannemers zorgen voor een goede planning met de asfaltcentrale. Deze kan dan de voorraden beheren en de productie inplannen (Satter, 2007). De maximale productiecapaciteit van een centrale is afhankelijk van het gebruikte recept en het aantal receptwisselingen. Door de dag van te voren asfalt te produceren en op te slaan kan de dagcapaciteit verhoogd worden (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003).

De centrale produceert asfalt volgens een dagplanning waarin de vrachtwagens van verschillende klanten zijn ingeroosterd. De planning kan in de war geschopt worden door storingen aan de installatie en door aanpassingen door de klanten. Zo kan het zijn dat een klant meer asfalt wil hebben dan besteld of dat zijn vrachtauto's te vroeg of te laat aankomen. Ook kan het asfalt voor klant A klaar staan terwijl er een vrachtauto van klant B staat te wachten of dat vrachtauto's moeten wachten bij de centrale. Dat vrachtwagens zich niet aan de planning houden kan verschillende redenen hebben zoals files, last minute veranderingen in het aantal ton asfalt of aantal vrachtwagens of een hogere omlooptijd van de vrachtwagens (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003).

De dagplanning van een aannemer voor een werk is opgesteld aan de hand van de omlooptijden van de trucks (Beltman, 2009). Het is essentieel dat de productie van de centrale, de aanvoer van asfalt en het asfalteren op elkaar zijn afgesteld. Voor een goede kwaliteit moet de asfaltspreidmachine continu bevoorradt worden. Het aantal ingezette vrachtwagens is hierbij de belangrijkste factor (Miller & Doree, 2008) en (Schottert, Dhr., 2008). Als de snelheid van de asfaltset te laag is vormt zich een rij vrachtwagens op het werk waardoor de planning van de asfaltinstallatie ook niet meer klopt. Dit kan later op de dag juist weer voor vertraging zorgen (Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f., 2003).

Tot slot kan het nog voorkomen dat men niet kan starten met het asfalteren doordat voorbereidende werkzaamheden niet of niet goed zijn uitgevoerd. Dit kan ook komen doordat regen of staand water op de weg het onmogelijk maken om een kleeflaag aan te brengen. Hierdoor klopt de planning van de asfaltset en van de centrale niet meer (Schottert, Dhr., 2008).

In Figuur 2-3 is een overzicht gegeven van het logistieke proces van de asfaltketen met daarin de verschillende informatie- en goederenstromen.



Figuur 2-3 Planning, productie en verwerking van asfalt (Satter, 2007).

2.6 Invloed logistiek op kwaliteit en efficiëntie

Tot nu toe zijn de logistiek, kwaliteit en efficiëntie in dit hoofdstuk apart behandeld. Hieruit zijn verschillende factoren gekomen die deze onderwerpen met elkaar verbinden. Er zal nu verder ingegaan worden op de onderlinge verbanden tussen logistiek en efficiëntie en logistiek en kwaliteit.

Logistiek en kwaliteit.

- Het gebruikte asfaltrecept wordt niet beïnvloed door de logistiek.
- De gebruikte fundering voor het asfalt wordt niet beïnvloed door de logistiek.
- Het aanbrengen van de kleeflaag wordt niet beïnvloed door de logistiek, er moet wel voldoende kleefmengsel aanwezig zijn. Door toevoegingen aan het mengsel wordt ontmenging voorkomen en daardoor kan er een voorraad aangelegd worden.

De verdichting wordt door de logistiek beïnvloed doordat de verdichting direct gerelateerd is aan de temperatuur van het asfalt. Indien de aanvoer van asfalt niet is afgestemd op de verwerkingsnelheid van de asfaltset leidt dit tot problemen. Hierbij is vooral de homogeniteit van het asfalt qua temperatuur van belang. Als de asfaltset stil moet staan of er te grote temperatuur verschillen ontstaan in de vrachtwagen gaat de kwaliteit van de verdichting achteruit. Dit valt ook onder de kwaliteitsfactor continuïteit asfaltset.

De weersomstandigheden worden niet beïnvloed door de logistiek. Andersom beïnvloed het weer de logistiek wel, zo kan het zijn dat door regen de volledige planning niet meer klopt omdat de kleeflaag niet aangebracht kan worden. Het weer is dan ook een factor die bij de planning meegenomen dient te worden.

Tot slot kan de homogeniteit van het asfalmengsel door lange ritten beïnvloed worden doordat er ontmenging ontstaat. Het is dus van belang het asfalt af te nemen van een centrale in de buurt.

De kwaliteitsfactoren die beïnvloed worden door de logistiek zijn:

- De verdichting
- Continuïteit asfaltset
- weersomstandigheden
- De homogeniteit van het mengsel qua ingrediënten en temperatuur.

Behalve weersomstandigheden zijn deze punten terug te leiden tot het belang van een continue aanvoer van asfalt die is afgestemd op de asfaltset. Deze stroom wordt beïnvloed door de omlooptijd van de vrachtwagens, het aantal vrachtwagens, de productiesnelheid van de centrale en de snelheid van de asfaltset. De omlooptijd is afhankelijk van de wachttijd bij het werk en de centrale, de laad en los tijd en de rijtijd welke weer beïnvloed wordt door de drukte op de weg. Daarnaast kunnen storingen bij de installatie voor problemen zorgen. Bij grote kritische werken is het daarom raadzaam om een asfaltinstallatie op back-up te hebben. Bij het project Rotterdam Airport was dit het geval, hier was de A.R.A. in Amsterdam als back-up beschikbaar. Deze centrale is uiteindelijk niet gebruikt. Een goede oplossing voor de afweging tussen voldoende aanvoer van asfalt en besparing op de inzet van materieel lijkt de shuttlebuggy. Hierdoor is er een voorraad asfalt op het werk en hoeven de vrachtwagens niet te wachten met lossen. Daarnaast mengt een shuttlebuggy het asfalt ook nog eens wat ontmenging en plaatselijk kouder asfalt voorkomt en daarmee goed is voor de kwaliteit. Een nadeel is echter dat de inzet van een shuttlebuggy geld kost. Tevens is de beschikbaarheid laag doordat er maar twee in Nederland beschikbaar zijn. Een andere mogelijkheid is het aanvoeren van asfalt in dichte containers of silo's voor aanvang van het werk (Satter, 2007).

Logistiek en efficiëntie.

De drie belangrijkste factoren voor de efficiëntie zijn het optimaliseren van het voorraadbeheer, het besparen van energie en het optimaliseren van de ingezette hoeveelheid materiaal.

Het optimaliseren van de voorraden hangt samen met de lange termijn planning aangezien voorraden gemiddeld een maand voordat ze nodig zijn besteld worden. Hoewel de planning onderdeel is van de logistiek valt deze optimalisatie buiten het bereik van dit onderzoek.

Het besparen van energie is in de huidige centrales al goed op orde en houdt geen verband met de Logistiek. Door de aanvoer van bitumen op de dag van productie te bestellen wordt energie bespaard. De bitumen worden warm aangevoerd en hoeven daardoor minder verwarmd te worden wat een energiebesparing oplevert. Indien de aanvoer van bitumen stopt vormt dit geen probleem voor de productie. Er is namelijk genoeg bitumen op voorraad is bij de centrale.

Het optimaliseren van de ingezette hoeveelheid materieel hangt direct samen met het logistieke proces. Hiervoor is de planning van groot belang, om deze planning goed uit te voeren is het van belang dat er geen grote veranderingen meer plaats vinden op de dag zelf. Verder is een goede communicatie tussen de verschillende partijen nodig om een goede planning op te stellen en bij veranderingen adequaat in te grijpen.

De efficiëntie bepalende logistieke factor is: De optimale inzet van het gebruikte materieel.

Er zijn verschillende invloeden aan te wijzen die het te gebruiken materieel bepalen. Om het logistieke proces te analyseren zijn gegevens van deze invloeden nodig.

Het hele logistieke proces draait om het vervoeren van een hoeveelheid asfalt. Op basis van het aantal ritten dat nodig is om deze hoeveelheid te vervoeren en de tijd die per rit nodig is wordt het aantal vrachtwagens bepaald. De benodigde tijd per rit hangt af van de laadtijd bij de centrale, het vervoer naar het werk, de wachttijd op het werk, de losduur op het werk, de rit terug en de wachttijd bij de centrale. Als er veel materiaal ingezet is kunnen er wachttijden op de centrale en het werk ontstaan. Het daardoor stilstaande materieel kost geld. Omgekeerd wanneer er weinig materiaal wordt ingezet kunnen er grote gaten in de planning vallen door bijvoorbeeld files. Hierdoor kan de asfaltset stilstaan, dit kost ook geld en is slecht voor de kwaliteit. Er moet een afweging worden gemaakt tussen het stilstaan van beide materieel groepen.

2.7 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de asfaltproductie en de efficiëntie, kwaliteit en logistiek van het proces besproken. Het doel hiervan was het bepalen van de logistieke factoren die de kwaliteit en/of de efficiëntie beïnvloeden. Het blijkt dat zowel de kwaliteit als de efficiëntie vaak door dezelfde factoren beïnvloed worden, beide hebben baat bij een “net genoeg” principe. In het optimale geval is er een continue stroom van asfalt naar het werk zonder dat er ergens grote buffers asfalt of materieel stilstaan. Het lastige hierbij is dat dit vrijwel nooit uitkomt, er zijn of wachtende vrachtauto's of een stilstaande asfaltset. Ook het kostenaspect speelt hier mee. Met meer vrachtwagens is een continue aanvoer gegarandeerd en is het werk misschien wel in een halve dag klaar. De vrachtwagens en asfaltploeg moeten echter wel voor een volle dag betaald worden. Het is dan ook voordeliger om met minder vrachtwagens er een hele dag over te doen. Dit kan dan echter wel stilstand tot gevolg hebben. In het kader van dit onderzoek is het interessant om die stilstand van materieel te meten aangezien dat een maat is voor je efficiëntie en kwaliteit.

Eventuele verbeteringen kunnen op twee plekken in het proces plaatsvinden. Ten eerste kan de planning van de werkvoorbereiding en asfaltcoördinator beter passend worden gemaakt bij de daadwerkelijke uitvoering. Ten tweede is het mogelijk om tijdens de uitvoering de logistiek actief bij te sturen. Of en welke verbeteringen mogelijk zijn zal in dit onderzoek onderzocht worden.

Door de logistiek af te stemmen op het werk kan de kwaliteit omhoog gaan en kosten bespaard worden. Hiervoor is een goede communicatie nodig tussen de aannemer, de centrale en de transporteur, waarbij alle informatie bekend is, van belang. Bij voorkeur moeten er geen wijzigingen op het laatste moment gemaakt worden in hoeveelheden asfalt, vrachtwagens, etc. Als dit toch het geval is moet dit snel gecommuniceerd worden zodat de planning aangepast kan worden. Indien er op het laatste moment wijzigingen gemaakt worden is het niet waarschijnlijk dat de planning nog optimaal is. Dit komt doordat het ingezette personeel en materieel kan dan meestal niet meer aangepast worden. Ook de communicatie naar het uitvoerend personeel op het werk zelf is ook van groot belang. Zij zijn namelijk verantwoordelijk voor het daadwerkelijk uitvoeren van de planning.

Bij elk werk zal de afweging gemaakt worden hoeveel materieel er ingezet wordt, mogelijk kan dit door simulatie beter gedaan worden dan met de huidige op ervaring gebaseerde manier. Ook kan met simulatie gekeken worden of de kosten van een shuttlebuggy opwegen tegen de besparingen op stilstaand materieel.

3 Gegevens Zestienhoven

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de beschikbare gegevens van de case “Zestienhoven” besproken. Bij de renovatie van de start- en landingsbaan van Rotterdam Airport (Zestienhoven) zijn er door Dura Vermeer op verzoek van ASPARI gegevens verzameld met betrekking tot de logistiek. Met deze gegevens is het logistieke proces kort geëvalueerd. Aan de hand van deze evaluatie is bekeken welke aanvullende gegevens nodig en verkrijgbaar zijn om aan de doelstelling van dit onderzoek te voldoen. In dit hoofdstuk zullen deze gegevens daarom nader bekeken worden. Op basis hiervan is het verdere onderzoek ingevuld.

3.2 Case “Zestienhoven”

In 2008 heeft Dura Vermeer de 1800 meter lange start- en landingsbaan van Rotterdam Airport gerenoveerd. Dit project moest in 3 dagen geklaard worden, binnen dit tijdsbestek moest er over een lengte van 1800 meter en een breedte van 43 meter een nieuwe asfaltlaag aangebracht worden. Er is 10.000 ton freesasfalt afgevoerd en 14.900 ton nieuw asfalt aangebracht. Dit werk is uitgevoerd met zeven freesmachines, vier asfaltsets en zestig vrachtwagens en er werd in ploegendiensten 24 uur per dag gewerkt. Voor het project is de baan in twee delen opgedeeld, nadat de frezen op het eerste deel klaar waren zijn ze begonnen op het tweede deel en konden de asfaltsets meteen op het eerste deel aan de gang. Er werd met drie asfaltsets naast elkaar gewerkt waardoor er maar 2 koude lassen in de baan zitten. Het asfalt werd geleverd door twee asfaltcentrales, de A.C.R. in Rotterdam Botlek en de A.P.M. in Bergen op Zoom. De A.R.A in Amsterdam stond als reserve stand-by (Schouten, 2008). Mede vanwege de grote omvang van dit project konden er veel gegevens verzameld worden die gebruikt kunnen worden bij simulatie.

3.3 Beschikbare gegevens

Er zijn verschillende gegevens verzameld van dit project. Van elke vervoerde vracht is de weegbon bewaard, dit is wettelijk ook verplicht. Deze zijn van zowel de A.C.R. en de A.P.M. gescand en in PDF formaat beschikbaar. Hierop staat het vervoerde gewicht en de vertrektijd van de centrale. Op verzoek hebben de meeste chauffeurs op hun weegbrieven ook de aankomsttijd op het werk vermeld. De laadtijd bij de centrale is bekend aangezien er een tijd bij de lege en bij de volle weging staat. De terugkomst tijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale kan bepaald worden door op de volgende weegbrief met hetzelfde kenteken de inweegtijd te gebruiken. Hierbij wordt wel voorbijgegaan aan eventuele wachttijden op het werk, bij de centrale en het lossen van de vrachtwagen. Van de laatste ritten is deze tijd niet bekend aangezien de vrachtwagens dan niet terugkeren naar de centrale.

Van de A.C.R. zijn de weeggegevens ook in digitale vorm in een Excel bestand beschikbaar. Ook de inkomende vrachten van het gefreesde asfalt zijn hierin beschikbaar, mogelijk kunnen deze gebruikt worden als aanvullende data voor wat betreft de omlooptijd van de vrachtwagens. Dan moet er wel rekening gehouden worden met de verschillen tussen het laden en lossen van freesasfalt en van nieuw asfalt.

Om de gegevens geschikt te maken voor simulatie zijn van de weegbonnen van de A.P.M. alle gegevens ingevoerd in Excel. Van de A.C.R. zijn alleen de geschreven aankomsttijden op het werk ingevoerd aangezien de weegbronnen al in Excel beschikbaar waren.

Naast de weegbonnen is ook de urenplanning bekend en is er een planning van de asfalt- en freeswerkzaamheden. In de urenplanning is aangegeven wanneer welke activiteiten plaatsvinden. Daarnaast is aangegeven welk materieel en personeel op welk moment voor die activiteiten wordt ingezet. In de planning van de asfalt- en freeswerkzaamheden zijn de geplande vorderingen weergegeven. Hieronder valt de plek waar de freesmachines en asfaltsets op een bepaald moment bezig zijn.

Bekende gegevens:

- Het netto gewicht per vracht
- Vertrektijd van centrale per vracht
- Aankomst op het werk per vracht. (Van de meeste vrachten.)
- Het kenteken van de wagen. (Hiermee kan de terugkomst tijd uitgerekend worden.)
- Terugkomst op de centrale.
- Laadtijd bij centrale
- Urenplanning materieel
- Draaiboek asfalt- en freeswerkzaamheden

De gewichten, kentekens en tijden zijn samengevoegd in een Excel bestand en zijn bijgevoegd in bijlage vijf. De urenplanning en het draaiboek zijn niet gebruikt bij dit onderzoek, deze zijn dan ook niet bijgevoegd.

3.4 Evaluatie van de gegevens.

Zoals in hoofdstuk twee al vermeld is zouden in het ideale geval gegevens bekend zijn van alle factoren die van invloed zijn op de efficiëntie en de kwaliteit. Dit is echter niet het geval, er is maar een beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar.

Uit de gegevens is gebleken dat er met het oog op de logistiek een paar vreemde dingen zijn voorgekomen tijdens project Zestienhoven. Zo deden sommige vrachten veel langer over de rit dan andere. Dit is op zich niet vreemd. Maar wel als blijkt dat vrachten om negen uur in de ochtend er één uur over deden en vrachten om drie uur in de nacht er meer dan twee over deden. In de nacht tussen één en drie uur duurden sommige vrachten minder dan een half uur terwijl andere meer dan twee uur duurden.

Zoals in het vorige hoofdstuk is geconcludeerd worden de kwaliteit en efficiëntie vooral beïnvloed door het stilstaan van materieel, het zij de trucks of de asfaltset. Hiervan zijn geen gegevens bekend. Het is bekend wanneer de vrachtwagens vertrekken en wanneer ze aankomen en dus hoe lang ze er dus over doen. Over hoe lang ze bij de centrale of op het werk staan te wachten is echter niks bekend. Vandaar dat er met deze gegevens niet voldoende informatie beschikbaar is om aan de doelstelling van dit onderzoek te voldoen. De gegevens matchen niet met de vraag.

3.5 Mogelijke aanvullende gegevens

Welke gegevens voldoen dan wel? Om iets te kunnen zeggen over de kwaliteit en efficiëntie moest er meer bekend zijn over het stilstaan van het materieel en daarvoor is de duur van elke afzonderlijke fase in het proces van belang. Deze fases zijn: wachttijd centrale, vultijd, rijtijd, wachttijd werk, lostijd, rijtijd en de verwerkingssnelheid asfaltset. De verwerkingssnelheid van de asfaltset per uur zegt echter niets over de stilstand. Het kan namelijk ook zo zijn dat deze veel hoger is dan de aanvoer van asfalt. De asfaltset staat dan de rest van de tijd stil. Daarom is ook de stilstand-

en werkingstijd van de set van belang, in het gunstigste geval is deze per lading asfalt bekend. De afstand van de centrale tot het werk is hierbij ook een belangrijke factor. Deze was voor de al beschikbare gegevens van Zestienhoven ook verkrijgbaar.

De temperatuurcurve van asfalt tijdens transport kan extra informatie bieden over de kwaliteit. Als deze bekend is kan er iets gezegd worden over hoe snel het asfalt verwerkt moet worden om een kwalitatief goede verdichting te krijgen. De curve kan gemeten worden door de temperatuur en tijd meten bij de weegbrug, bij de aankomst op het werk en verwerking. Door een groot aantal metingen te doen kan zo de temperatuur uitgezet worden tegen de tijd en kan de temperatuurcurve bepaald worden. Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat deze curve in de vrachtauto anders is dan in de openlucht door de isolatie. Daarnaast zal het asfalt aan de rand van de bak sneller afkoelen dan in het midden, om dit te ondervangen kunnen er metingen gedaan worden aan de rand en in het midden van de bak. Tot slot moet opgemerkt worden dat het afkoelen ook afhankelijk van de omgevingstemperatuur, ook deze zal gemeten moeten worden.

Het meenemen van deze variabele heeft als nadeel dat het blikveld van het onderzoek daarmee nogal verbreed wordt. Daarom is er voor gekozen deze factor niet mee te nemen in dit onderzoek.

3.6 Conclusie

In dit hoofdstuk is gekeken naar de gegevens van de case “Zestienhoven”. Het is gebleken dat deze gegevens niet genoeg informatie bevatten om te voldoen aan de doelstelling van dit onderzoek. Daarom waren er extra gegevens nodig. De stilstand van het materieel is namelijk de belangrijkste factor voor efficiëntie en kwaliteit, deze stilstand moest gemeten worden. Hoe dit verder is opgezet wordt in hoofdstuk vier behandeld.

4 Aanpassing van de onderzoeksopzet

Uit het literatuuronderzoek is naar voren gekomen dat er twee belangrijke zaken zijn met het oog op de logistiek die onderzocht moesten worden. Ten eerste is de afkoeling van asfalt tijdens het transport van belang. Deze is afhankelijk van de transporttijd en de manier van vervoer en isolatie. De ritduur inclusief stilstand zorgt voor de afkoeling welke geremd wordt door de isolatie. Deze afkoeling kan gemeten worden met een temperatuur sensor of een infrarood camera die beschikbaar zijn bij de vakgroep. Op basis hiervan kan dan het effect van verschillende variabelen zoals de ritduur en de isolatiesoort op de temperatuur worden bepaald en daarmee het effect op de kwaliteit.

De tweede factor is de stilstand van het materieel als gevolg van de aanlevering van asfalt. Zoals in hoofdstuk twee is geconcludeerd is deze van invloed op de kwaliteit en de efficiëntie van het proces. Deze kan onderzocht worden door GPS loggers op vrachtwagens te plaatsen. Daarnaast moet er een logboek bijgehouden worden van de spreidmachine. Een GPS logger op de spreidmachine plaatsen is geen optie vanwege de afwijking die in het GPS protocol zit. Door deze afwijking, die in de orde van grootte van 10 meter zit, is het niet mogelijk om te zien of de spreidmachine stilstaat of rijdt.

Beide factoren zijn van belang in het kader van het ASPARI programma en zullen daarom onderzocht moeten worden. Binnen het bereik van dit bachelor onderzoek is vanwege de omvang echter voor één onderwerp gekozen. Er is gekozen om de stilstand van materieel te meten met behulp van de GPS loggers. Dit omdat deze factor ook van invloed is op de efficiëntie van het gebruikte materieel, deze efficiëntie valt onder de eerdere opdrachtomschrijving. Hierbij is gekeken worden naar eventuele verschillen tussen de logistieke planning en de uitvoering en naar het actief bijsturen van de logistiek tijdens de uitvoering. Het registreren van afkoeling bij de eerder genoemde variabelen kan als basis dienen voor een ander bachelor- of masteronderzoek. Daarnaast kan dit onderzoek dienen als basis voor een vervolgonderzoek. De verzamelde gegevens zijn voor zover mogelijk verwerkt in overzichtelijke Excel tabellen.

5 Uitvoering van de metingen

5.1 Inleiding

De opzet en uitvoering van de metingen zal in dit hoofdstuk behandeld worden. Zoals aangegeven in hoofdstuk twee kan de logistiek op twee punten onderzocht worden, ten eerste kan er gekeken worden naar de relatie tussen de planning en verwachting van de asfaltcoördinator en de uitvoering. Ten tweede kan er gekeken worden naar verbeteringen van de logistiek die tijdens de uitvoering gemaakt kunnen worden door actief bij te sturen. Om deze twee factoren te onderzoeken zijn er gegevens over de planning en de uitvoering van verschillende werken verzameld. Bij de uitvoering is de tijdsduur van de verschillende activiteiten en de stilstand van het materieel gemeten. Het meten is gebeurd bij werken van DVI Oost in Groningen, Witmarsum, Leeuwarden en Sneek.

Zoals in hoofdstuk vier is aangegeven zijn er gegevens verzameld met GPS loggers. De GPS gegevens vormen samen met logboeken de informatie over hoe het werk is uitgevoerd. Daarnaast is de planning en verwachting van de asfaltcoördinator van de werken van te voren bepaald in een interview. Deze twee zijn met elkaar vergeleken. Daarnaast is onderzocht of door actieve aansturing van het materieel de uitvoering kan verbeteren. In paragraaf 5.2 wordt behandeld hoe de GPS gegevens verzameld zijn. Hier komen onder andere de uitgevoerde testmetingen en resultaten daarvan aan bod. Daarnaast worden de daadwerkelijke metingen en resultaten kort behandeld. De andere gegevens die zijn verzameld worden in paragraaf 5.3 behandeld. Tot slot volgt er een conclusie in paragraaf 5.4. De metingen en uitkomsten staan uitgebreid in de bijlagen.

5.2 Gegevens uitvoering.

De gegevens over de uitvoering van de werken zijn bepaald met GPS loggers en logboeken. Met behulp van GPS loggers is de locatie van vrachtwagens met een bepaald interval opgeslagen. Deze gegevens zijn uitgelezen en bewerkt in Excel zodat ze in Google Earth geplote konden worden. Bij het verzamelen van de gegevens is gebruik gemaakt van een GPS logger met intern geheugen waarin de metingen opgeslagen zijn. Daarnaast is er gebruik gemaakt van drie computerprogramma's, SIRFDemo, Microsoft Excel en Google Earth. Een uitgebreidere uitleg over de werking van de GPS loggers en het gebruik van de computerprogramma's staat in bijlage 1.

Testrit één

Voordat met het daadwerkelijke meten is begonnen zijn er verschillende tests uitgevoerd om de werking van de loggers te testen en onder de knie te krijgen. Uit de test bleek dat de geplote gegevens een afwijking van circa tien meter hebben ten opzichte van de werkelijkheid. Deze afwijking komt door de onnauwkeurigheid van het GPS protocol.

Testrit twee

Vervolgens is er een test uitgevoerd met loggers in twee asfaltwagens. Dit is gedaan bij een werk in de Siegersteeg in Vilsteren en de Teugseweg in Deventer. Beide werken zijn uitgevoerd door DVI Oost. Bij deze test zijn verschillende instellingen van de GPS loggers getest. Daarnaast is uit de testmetingen opgemaakt of met de metingen wel de benodigde informatie verzameld worden voor dit onderzoek. Uit de test bleek dat de ontvangst van de loggers niet goed genoeg was als deze in de opbergvakjes van de vrachtwagens lagen. Verder bleek dat de afwijking in het GPS protocol de nauwkeurigheid van de metingen negatief beïnvloed. Doordat de gemeten punten ook bij stilstand een klein eindje verspringen is het lastig te zeggen wanneer een auto stilstaat en in beweging is. Voor de metingen zijn daarom alle punten in een kleine straal om een plek waar de wagen heeft stil gestaan mee gerekend als stilstand. Dit biedt een oplossing voor de meeste gevallen. Wanneer een vrachtwagen echter zeer dicht bij de spreidmachine staat te wachten kan het zijn dat het niet

duidelijk is wanneer de auto is gaan lossen. Een uitgebreider verslag van de tests staat in bijlage twee. Een voorbeeld van de geplotte gegevens is weergegeven in figuur 5.1.

Metingen

De metingen zijn uitgevoerd met GPS loggers en er zijn logboeken van de vrachtwagens en spreidmachines bijgehouden. Ook zijn de verwachtingen en planningen van de werkvoorbereider of asfaltcoördinator van te voren verzameld. De opzet van de metingen en de onderbouwing van de daarbij gemaakte keuzes staat in bijlage 2. De metingen hebben plaatsgevonden op drie verschillende dagen. Op 18 juni is er gemeten bij de N46 ringweg Groningen in de buurt van de brug over het Eemskanaal. Hier is circa 660 ton asfalt verwerkt door drie spreidmachines en acht vrachtwagens. Op 19 juni is er gemeten bij de weg De Dole in Witmarsum, hier is circa 404 ton asfalt verwerkt door één machine en vijf vrachtwagens. Tot slot is op 22 juni gemeten bij de Piter Terpstrawei in Leeuwarden en daarna op het terrein van een garagebedrijf op industrieterrein de Hemmen in Sneek. Hierbij zijn respectievelijk zes en acht vrachtwagens ingezet en één spreidmachine.



Figuur5-1 Testrit 2 Deventer - Vilsteren

De uitvoering, opzet en locatie van het werk en van de metingen wordt behandeld in bijlage twee. De resultaten van deze metingen staan in bijlage drie, de resultaten worden geëvalueerd in hoofdstuk zes.

5.3 Overige gegevens

Naast de GPS metingen zijn er ook andere gegevens over het werk verzameld. Deze gegevens bestaan uit logboeken van de vrachtwagens en de spreidmachines. Daarnaast zijn van te voren de planning en verwachtingen van de werkvoorbereider en asfaltcoördinator voor het werk verzameld. Aan de hand van deze gegevens kon er een vergelijking gemaakt worden tussen de logistieke planning en de logistiek in de praktijk.

5.3.1 Logboeken

In de logboeken voor de vrachtwagens zijn per vrachtwagen per rit verschillende zaken vastgelegd. Dit zijn de aankomsttijd op het werk, de tijd waarop de wagen begon te lossen en de vertrektijd van het werk. Daarnaast zijn eventuele bijzonderheden vermeld. In de logboeken voor de spreidmachines is voor elke stilstand de begin- en eindtijd bijgehouden. Tevens zijn de redenen voor de stilstand en eventuele bijzonderheden bijgehouden. De logboeken zijn bijgevoegd in bijlage 3 en 4.

5.3.2 Planning en verwachtingen asfaltcoördinator

Voor aanvang van het werk is de asfaltcoördinator gevraagd naar de planning van het werk en zijn verwachtingen. Specifieke informatie over welke vrachtwagens werden gebruikt en hoe laat deze voor het eerst op de centrale zouden zijn is via de uitvoerder verkregen. Voor alle werken geldt dat de vrachtwagens met enige tussentijd op de centrale waren ingepland bij aanvang van het werk.

Groningen

De planning en verwachtingen voor het werk in Groningen waren als volgt. Het werk betrof het asfalteren van een deklaag over een deel van de N46 ringweg Groningen. De rijbaan zelf werd met twee asfaltspreidmachines geasfalteerd. Daarnaast zaten er een op- en afrit in het werk, deze werden geasfalteerd door een derde machine. Het asfalt is geleverd door A.P.W. in Westerbroek. De afstand van de centrale naar het werk was slechts 13.1 kilometer en ongeveer 20 minuten rijden. Toch is er voor gekozen om relatief veel vrachtwagens in te zetten. Enerzijds natuurlijk omdat er met drie spreidmachines gewerkt werd. Anderzijds omdat het een deklaag betrof waarbij warm in warm gewerkt moest worden voor de kwaliteit. Hierdoor was de verwachting dat een vrachtwagen wel eens een kwartier tot een half uur stil zou moeten staan wachten, dit werd op de koop toe genomen. De derde machine had niet een volle ploegbezetting maar alleen een machinist. Deze machine werd alleen gebruikt voor het asfalteren van een afrit, oprit en invoegstrook. Er werd verwacht dat er een kleine 700 ton gebruikt zou worden en dat elke vrachtauto's drie a vier ritten per stuk zou moeten doen.



Figuur 5-2 Ringweg Groningen

Witmarsum

Dit werk betrof het asfalteren van een onderlaag. Doordat het rechte wegen betrof met enkele haakse bochten was de verwachting dat er redelijk snel gewerkt zou kunnen worden. Bij de bochten moest wel een paar keer opnieuw opgesteld worden maar de rest was rechthoekig. Doordat het om een onderlaag ging zou er redelijk dik geasfalteerd worden en zou de spreidmachine met circa zes meter per minuut werken. Dit betekent dat de verwerkingssnelheid van de asfaltset hoog zou zijn. Ondanks de grote afstand naar de centrale waren er echter slechts vijf vrachtwagens ingepland. Verwacht werd dat de spreidmachine een paar keer een tijdje stil zou moeten staan, dit werd niet als een probleem gezien omdat het een onderlaag betrof. Het inzetten van een extra vrachtwagen brengt meer kosten met zich mee dan het stilzetten van de asfaltset was de gedachte. De afstand tot de centrale was bij dit werk bijna 80 kilometer en de verwachting was dat de vrachtwagens daar ongeveer een uur over zouden doen. Aangezien er circa 375 ton asfalt ingepland was werd er verwacht dat de vijf vrachtwagens elk drie keer zouden moeten rijden.

Leeuwarden en Sneek

Bij de laatste meting werd er in Leeuwarden en Sneek gewerkt. Er is deze dag op twee plekken geasfalteerd door de asfaltploeg. Dit had als gevolg dat de asfaltset tussen de twee werken verplaatst moest worden. Eerst stond alleen het werk in Sneek ingepland, het werk in Leeuwarden is er later bijgekomen. Dit had als gevolg dat de eerder verwachte 640 ton in Sneek waarschijnlijk niet gehaald ging worden.

In Leeuwarden betrof het een deklaag over een gefreesd stuk asfalt. Er waren verschillende vakken uitgefreesd op een bestaande weg die opnieuw geasfalteerd moesten worden. Er zijn zes auto's ingezet. Aangezien er circa 225 ton asfalt verwerkt moest worden was het de verwachting dat de

eerste auto's twee ritten zouden moeten rijden. De twee auto's die de asfaltset verplaatsten hoefden naar verwachting niet een tweede keer asfalt te halen en konden dan na het lossen wachten tot de asfaltset klaar was om deze naar Sneek te verplaatsen. De afstand tot de asfaltcentrale was 25 kilometer en de rit duurde naar verwachting een half uur. Wel moest een paar kilometer door de stad gereden worden, dus de ochtendspits was een mogelijke invloed op de rijtijd. Toch was de verwachting dat er door de korte afstand weinig stilstand zou zijn. Dit moest ook aangezien het een deklaag betrof.

Het werk in Sneek betrof het aanleggen van een onderlaag rond een garage bedrijf. Dit asfalt krijgt weinig belasting in vergelijking met een gewone weg. Rondom het gebouw zullen alleen personenauto's komen te staan. Op het terrein voor de garage zullen wel vrachtwagens komen maar veel minder frequent dan op een gewone weg. Daarom zijn er maar twee lagen aangelegd. Vanwege de tijd die het verplaatsen van de asfaltset kost was het de verwachting dat het werk in Sneek niet helemaal af zou komen. Er zou de volgende dag verder gewerkt worden. De auto's die geen tweede keer hoefden te laden in Leeuwarden zouden bij de centrale wachten tot ze naar Sneek konden gaan. Ook waren er voor Sneek twee extra vrachtwagens ingepland waarmee het totaal op acht kwam. De afstand van de centrale tot het werk was 60 kilometer en de rit duurde naar verwachting een uur. Ondanks deze langere rit werd verwacht dat de stilstand beperkt zou blijven door de extra auto's

5.4 conclusie

Door het gebruik van GPS loggers waren de gegevens nadien altijd beschikbaar en was er geen afhankelijkheid van chauffeurs die tijden bij moesten houden. Dit had als voordeel dat er geen metingen vergeten konden worden. Toch zitten er nogal wat haken en ogen aan het gebruik van de GPS loggers. Zo bleek de ontvangst van het signaal niet altijd even goed te zijn, daarnaast zit er een afwijking in het signaal dat bij stilstand voor verspringende metingen zorgde. Dit had als gevolg dat het verwerken van de gegevens erg arbeidsintensief was. Daarnaast was het daardoor moeilijk om te zien of een vrachtauto stil stond te wachten of voor de spreidmachine stond te lossen. Daarom moesten er logboeken voor de vrachtwagens en de spreidmachine bijgehouden worden. Hierop is de stilstand van beide bijgehouden en zijn eventuele bijzonderheden vermeld.

Uit de planning kan het volgende opgemaakt worden. Voor de deklaag in Groningen zijn ondanks de korte rit veel vrachtwagens gepland. Voor de overige werken werden er ondanks de langere ritten minder wagens ingepland. Voor deklagen wordt dus al veel waarde gehecht aan continuïteit van de asfaltset. Voor onderlagen ligt hier veel minder nadruk op. Blijkbaar wordt er vanuit gegaan dat de dikkere onderlagen minder last hebben van onderbrekingen doordat deze lagen de warmte beter vast houden. De verzamelde gegevens worden in hoofdstuk zes besproken en geëvalueerd en staan uitgebreid in de bijlagen 2, 3 en 4.

6 Resultaten en evaluatie van de metingen

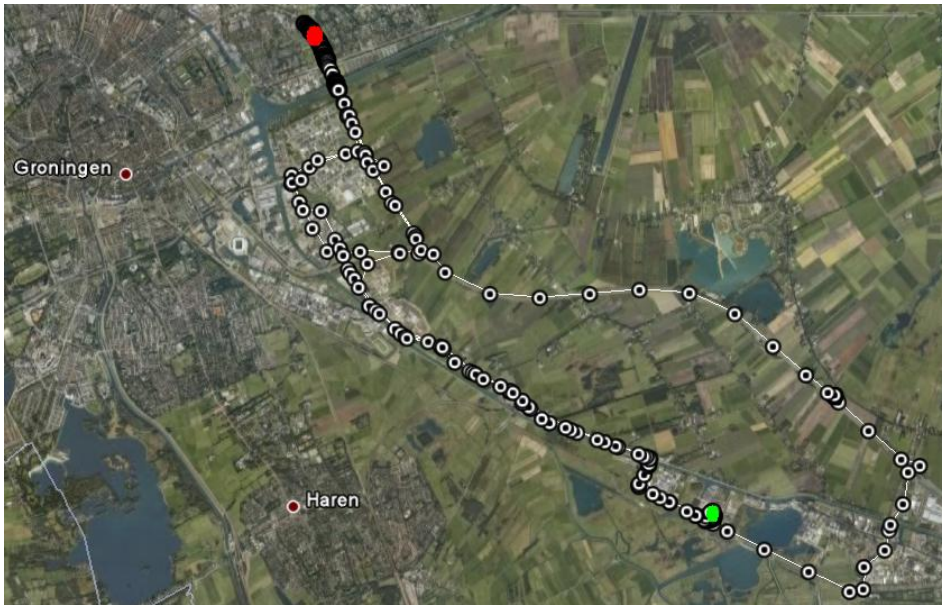
6.1 Inleiding

In hoofdstuk vijf is besproken welke metingen er gepland waren en hoe de opzet van deze metingen was. In dit hoofdstuk zullen de resultaten van deze metingen behandeld en geëvalueerd worden. Om te beginnen zal in paragraaf 6.2 kort worden ingegaan op hoe de metingen in de praktijk verlopen zijn. In paragraaf 6.3 wordt behandeld hoe de uitvoering van de werken is verlopen. Vervolgens wordt deze uitvoering in paragraaf 6.4 vergeleken met de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator. Daarna wordt in paragraaf 6.5 onderzocht of actieve bijsturing van het logistieke proces een bijdrage kan leveren aan een betere kwaliteit of efficiëntie. Tot slot volgen in paragraaf 6.6 de conclusies. De planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator staan in bijlage 2. De GPS gegevens en de logboeken van de vrachtwagens zijn verwerkt en bijgevoegd in bijlage 3 en in bijlage 4 staan de logboeken van de spreidmachines.

6.2 Metingen

Na de metingen waren de gegevens in verschillende vormen beschikbaar. De planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator en de logboeken van de spreidmachines en vrachtwagens konden zonder bewerkingen gebruikt worden. De GPS gegevens moesten eerst echter bewerkt worden. De uitvoer van de GPS loggers moest met behulp van bewerkingen in Excel aangepast worden voor gebruik in Google Earth. Dit leverde als uitvoer een plot op in Google Earth waarin voor elk meetpunt een stip werd geplaatst met daartussen verbindingslijnen, zie bijvoorbeeld figuur 6-2. Uit deze plots is het moment waarop met een bepaalde activiteit is gestart of gestopt afgelezen. Omdat deze gegevens grotendeels overeenkwamen met de logboeken van de vrachtwagens en hierop een aanvulling vormden zijn deze twee gegevensbronnen samengevoegd. Het resultaat daarvan staat in bijlage 3A. Er is voor gekozen om de uitgebreide uitvoer van de GPS gegevens en de GPS plots niet bij te voegen. Uit de GPS gegevens is zonder de bewerkingen namelijk geen informatie te halen en de plots zijn alleen interessant als ze in Google Earth bekeken kunnen worden. Dan kan er namelijk ingezoomd worden om zodoende een goed beeld te krijgen. Wel zijn de aankomsttijden van de vrachtwagens op volgorde van aankomst bijgevoegd zodat de gaten die er vallen duidelijker te zien zijn, dit staat in bijlage 3B.

Een opvallend feit werd duidelijk toen de plots gemaakt werden. Het bleek namelijk dat de vrachtwagens verschillende routes namen van de centrales naar de werken. Dit was van te voren niet voorzien. Van de asfaltcentrale in Westerbroek naar het werk in Groningen ging vrachtwagen nummer twee over de A7 en gebruikte vrachtwagen vijf beide routes. De nummering van deze vrachtwagens correspondeert met de nummering in bijlage 3. De vier andere vrachtwagens gingen binnendoor over de Winschoterweg. Van de overige vrachtwagens zijn geen GPS gegevens en is niet bekend waar ze langs zijn gereden. Doordat vrachtwagen twee de eerste rit twee uur heeft stil gestaan met een lekke koelslang zijn er maar drie rittijden bekend over de route A7. Hieruit blijkt echter dat deze rit circa 30 minuten duurde terwijl de rit binnendoor circa 20 minuten duurde. De route binnendoor is met 11 kilometer dan ook een stuk korter dan de andere route van 20 kilometer. De verklaring voor deze routekeuze is waarschijnlijk dat er gebruikt gemaakt is van GPS navigatie. Deze gaat uit van een snelheid van 120 kilometer op de snelweg terwijl een vrachtwagen ook op de snelweg maar 80 kilometer per uur mag rijden. Daardoor is de normaal snellere omweg voor een vrachtwagen niet sneller. Zie figuur 6-2 voor de gebruikte routes naar Groningen, de groene stip is de asfaltcentrale en de rode stip is de bouwplaats.



Figuur 6-1 Verschillende routes naar Groningen

Ook van de centrale in Kootstertille naar het werk in Witmarsum zijn verschillende routes gebruikt door de chauffeurs. Hier is door vrachtwagens één en vier gekozen voor de route via drachten, Smallingerland en de Waldwei N31 naar Leeuwarden. Vrachtwagen drie heeft de route binnendoor naar Leeuwarden gebruikt. Vrachtwagen twee en vijf hebben beide routes gebruikt. Vanaf Leeuwarden hebben alle vrachtwagens de N359 naar Bolsward gebruikt. Van vrachtwagen zes zijn geen GPS gegevens beschikbaar en is de route dus niet bekend. Bij deze routes blijkt dat de omweg via Drachten circa 10 minuten korter is, terwijl deze route circa 63 kilometer is en de route binnendoor circa 53 kilometer. Waarschijnlijk speelt hier mee dat de korte route dwars door Leeuwarden heen gaat. Zie figuur 6-3, ook hier geldt weer dat de groene stip de centrale is en de rode stip is de bouwplaats.



Figuur 6-2 Verschillende routes naar Witmarsum

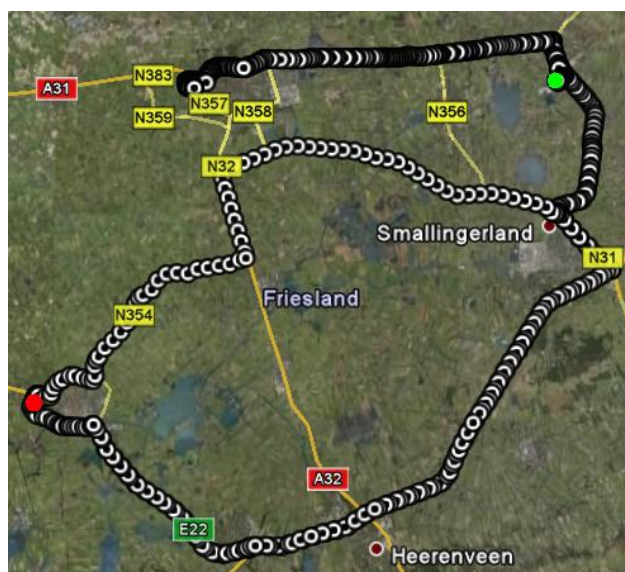
Bij de derde meting zijn er veel verschillende routes gebruikt, dit komt doordat er twee bestemmingen waren. Daarnaast waren er ook auto's die direct van Leeuwarden naar Sneek zijn gegaan om de asfaltset te verplaatsen. Van de centrale in Kootstertille naar Leeuwarden is er door alle vrachtwagens één route via Hurdegaryp gebruikt. Deze is weergegeven in figuur 6-4.



Figuur 6-3 Route centrale naar Leeuwarden

Tijdens het verplaatsen van de asfaltset van Leeuwarden naar Sneek zijn twee routes gebruikt. De ene via Bolsward is 37 kilometer lang. De andere is 28 kilometer en gaat binnendoor. Beide ritten hebben exact 35 minuten geduurd. De gekozen route maakte dus niet uit en was ook niet van belang voor het transport van asfalt, deze routes zijn dan ook niet afgebeeld.

Van de asfaltcentrale naar het werk in Sneek zijn ook twee routes gebruikt door de chauffeurs. Er is gereden via de A7 langs Drachten, Heerenveen en Joure en is 63 kilometer lang. De andere route ging binnendoor via Drachten en de Waldwei N31 en is 55 kilometer. Navigatiesoftware geeft aan dat de lange route 45 minuten duurt en de korte route 52 minuten. Dit is echter weer uitgaande van 120 kilometer per uur op de snelweg. Vrachtwagens vijf en zes hebben alleen de lange route via Heerenveen gebruikt, de rest van de vrachtwagens hebben beide routes gebruikt. Uit bijlage drie blijkt dat de route via de Waldwei gemiddeld iets minder dan 50 minuten duurde. De route via Heerenveen duurde circa 55 minuten. Dit is opvallend aangezien de auto's die beide routes hebben gebruikt de eerste rit via de Waldwei zijn gegaan en daarna zijn overgestapt op de langere rit via Heerenveen. Ondanks het feit dat het verschil niet erg groot is ligt dit niet in de lijn der verwachting. Waarschijnlijk is ook hier gebruik gemaakt van autonavigatie die kortere rittijden aangeeft voor deze route. In figuur 6-5 zijn de verschillende routes van de centrale naar Sneek weergegeven, bovenin is de route naar Leeuwarden afgebeeld.



Figuur 6-4 Verschillende routes naar Sneek

De rittijden voor de verschillende routes zijn afgelezen uit de tabel in bijlage 3. De gekozen routes zijn bepaald aan de hand van de GPS plots in Google Earth. En de lengte van de routes is bepaald met routebegeleiding in Google Maps.

Ondanks het feit dat de verschillen in ritduur niet erg groot zijn mogen de verschillende routes toch opvallend genoemd worden. De vijf minuten verschil bij de ritten naar Sneek kunnen op de ritduur van circa een uur verwaarloosd worden. De verschillende routes kunnen toegeschreven worden aan autonavigatie die uitgaat van hogere snelheden op de snelweg. Bij de ritten naar Groningen is het verschil echter 10 minuten op een ritduur van 20 minuten, dit is 50% van de rittijd. Dit is dan ook

zeker van invloed op de aanvoer van asfalt naar het werk en de continuïteit van asfaltset. In het verleden was er geen alternatief voor de gewone navigatiesoftware, en was het moeilijk in te schatten welke route de snelste is voor een vrachtwagen. Navigatiesoftware voor vrachtverkeer is nu echter in opkomst, daarom zou een investering hierin een overweging waard kunnen zijn. Aangezien ook maximale doorrijhoogtes en belastingen van wegen in de software meegenomen worden voorkomt dit ook vervelende situaties waarbij gekeerd moet worden en een omweg gezocht moet worden. Investering in deze software zou voor de klant een kostenbesparing opleveren aangezien het de transporttijd lager wordt. Voor de transporteur betekent een kortere route een besparing in brandstofkosten.

6.3 Uitvoering van de projecten

In deze paragraaf wordt de uitvoering van de werken besproken. Eerst komen enkele algemene opmerkingen aan bod en vervolgens wordt de uitvoering per werk behandeld.

Bij alle drie de werken viel op dat de asfaltploeg zo nu en dan asfalt uit de hoeken van de hopper schept als er geen wagen voor de machine staat. Ook op andere plekken wordt het asfalt dat op de machine blijft liggen van de machine gehaald. Dit gebeurt vooral om dat het nog warme asfalt veel gemakkelijker te verwijderen is dan wanneer het afgekoeld is. Als bijkomend voordeel zorgt dit er echter ook voor dat er geen afgekoeld asfalt tussen het warme asfalt kan komen en verwerkt wordt. Dit is goed voor de homogeniteit van het asfaltmengsel voor wat betreft de temperatuur.

Groningen

In de provincie Groningen is de N46 opnieuw geasfalteerd. Het deel dat is geasfalteerd is onderdeel van de ringweg rond Groningen. Het verkeer is hier over één rijbaan geleid, zodat de twee rijstroken en de vluchtstrook van de andere rijbaan tegelijk geasfalteerd konden worden. Er is met twee asfaltsets en nog een derde spreidmachine geasfalteerd zodat er warm in warm geasfalteerd kon worden over de volledige breedte van de weg. De planning was dat er om zeven uur drie volle auto's op het werk zouden zijn. Twee chauffeurs hebben zich echter verslapen waardoor er maar één aanwezig was. De start van het asfalteren is daardoor bijna drie kwartier vertraagd. Een vrachtwagen die om zeven uur geladen werd bij de centrale en om half acht op het werk werd verwacht heeft twee uur lang stil gestaan wegens een defect. Vanaf negen uur heeft deze wagen weer meegereden. Daarnaast was er nog een wals defect, dit heeft op de uitvoering van het asfalteren echter geen invloed gehad.

De aanvoer van asfalt was ondanks deze opstartproblemen groot genoeg tijdens het eerste deel van het asfalteren. Dit kwam doordat het asfalteren begon op de brug over het Eemskanaal, hier ontbrak een vluchtstrook en hoefden dus maar twee machines aan het werk. Daarbij moest na het brugdek opnieuw opgesteld worden door de machines. Hierdoor was de verwerkingssnelheid van de asfaltset lager. De derde machine heeft achter het brugdek een half uur gedraaid om een kort stukje van een afrit te asfalteren, daarna heeft deze machine weer lange tijd stilgestaan. Deze machine is pas weer begonnen te draaien aan het eind van de oprit naar de N46 aan de andere kant van het viaduct. De andere tweemachines hebben continu doorgewerkt tot het einde van het te asfalteren wegvak. Zie ook figuur 6-6, hierin is de gele lijn spreidmachine 1, de blauwe lijn is machine 2 en de rode lijn is machine 3. Het werk is van rechts naar links uitgevoerd, de onderbreking van alle drie de lijnen is het beweegbare deel van de brug.



Figuur 6-6 Bewegingen van de spreidmachines in Groningen

De rit van en naar de centrale was erg kort, zelfs in de ochtendspits duurde de totale rit van en naar de centrale maar tussen de vijftig en zestig minuten. Tot het moment dat de derde machine weer mee ging draaien, aan het begin van de invoegstrook, was er dan ook continu een voorraad asfalt op het werk. Dit kwam door de lagere verwerkingssnelheid tijdens het eerste deel van de werkzaamheden. Deze voorraad bedroeg twee á drie volle auto's die stonden te wachten. Vanaf het moment dat de derde machine mee ging draaien om half elf slonk deze voorraad. Om kwart over elf was er geen voorraad meer was en de lossende auto voor spreidmachine één leeg was. Deze spreidmachine heeft toen een kwartier op asfalt moeten wachten. Totaal is er 660 ton asfalt verwerkt op deze dag.

Er zijn voor het werk negen vrachtwagens ingezet, dit was één meer dan in eerste instantie was gepland. Van deze wagens hebben twee auto's twee ritten gemaakt en de overige auto's hebben drie ritten gemaakt.

Witmarsum

In Witmarsum is de weg De Dole voorzien van een onderlaag. Er waren vijf vrachtwagens ingepland voor het werk. De derde wagen kreeg bij de centrale te horen dat hij een wals weg moest brengen naar een ander werk. Deze auto is na de eerste asfalttrit vertrokken, daarom is er een extra auto ingehuurd om het totaal weer op vijf te brengen. Deze auto was daardoor niet voorzien van een GPS logger, de tijden zijn bijgehouden met de logboeken en de weegbonnen. Deze auto is aangegeven als nummer zes in de resultaten.

Aangezien er een onderlaag werd aangelegd werd de prioriteit voor de continuïteit van de asfaltset veel lager gesteld dan bij een deklaag. Daarom werkte de spreidmachine met een snelheid van zes meter per minuut. Dit terwijl de afstand naar de asfaltcentrale relatief groot was en er maar vijf auto's ingezet worden. De rit van of naar de centrale bedroeg een uur, in de spits en bij ander oponthoud duurde dit nog langer. De werksnelheid van de asfaltset werd wel omlaag gehaald door het feit dat de machine een paar keer opnieuw op moet stellen bij de haakse bochten in het werk. Toch heeft de asfaltset een paar keer lang stil moeten staan omdat er geen asfalt voorradig was op het werk. Dit kwam ook doordat het tussen half elf en half één uur erg druk was bij de centrale. De auto's die op dat moment bij de centrale aankwamen hebben gemiddeld vijftig minuten moeten wachten voor ze geladen werden. Hierdoor was er tussen 11:35 en 12:35 geen asfalt op het werk. Vooral later op de dag kwam het vaak voor dat er langere tijd geen asfalt was doordat de auto's steeds meer in golven achter elkaar aan kwamen, dit is te zien in de logboeken in bijlage 3 en 4.

Tijdens de uitvoering zijn er een paar regenbuien geweest, vooral s'ochtends voor het werk heeft het hard geregend. Doordat het om een onderlaag ging hoefde er niet gekleefd te worden en was deze regen niet van invloed op de uitvoering. Daarnaast behoud een dikke laag zijn warmte goed, de regen tijdens het asfalteren was daardoor geen probleem. Op de momenten dat het regende tijdens stilstand van de asfaltset heeft dit de afkoeling versneld. Dit is nadelig geweest voor de kwaliteit. Dit was onder andere het geval toen er geen asfalt was tussen 13:37 en 14:04. In figuur 6-7 is te zien hoe de regen verdamppt op het warme asfalt. Er is deze dag 404 ton asfalt vervoerd. De samengevatte gegevens staan in bijlage 3 en 4.



Figuur 6-7 verdampende regen op warm asfalt in Witmarsum

Leeuwarden en Sneek

Bij de laatste meting is er op twee plekken geasfalteerd. Er is begonnen in Leeuwarden met zes vrachtwagens. In Leeuwarden zijn enkele uitgefreesde wegvakken van de Piter Terpstrawei opnieuw geasfalteerd. De vrachtwagens die de asfaltset moesten verplaatsen hebben als laatsten geladen bij de centrale. Hierdoor hoefden ze niet terug naar de centrale voor een tweede rit en konden ze meteen de asfaltset opladen zodra deze klaar was. Van de vier andere vrachtwagens moesten er twee terug naar de centrale voor een tweede rit. Totaal is er 218 ton asfalt verwerkt in Leeuwarden.

Daarna is de asfaltset verplaatst naar Sneek. In Sneek is het terrein rond een nieuw garagebedrijf geasfalteerd. Doordat dit asfalt nauwelijks belast gaat worden in vergelijking met een gewone weg volstond het aanbrengen van slechts twee lagen. De auto's die geen tweede rit naar Leeuwarden hoefden te halen hebben bij de centrale een uur gewacht tot ze richting Sneek konden. Daarnaast zijn er voor het werk in Sneek twee extra auto's ingezet. Dit had tot gevolg dat toen de set om 11:30 weer begon te draaien er al vijf volle wagens stonden te wachten. Dit was de rest van de dag terug te zien doordat de auto's steeds in golven aankwamen. Tussen deze golven was er geen asfalt op het werk en moest de asfaltset stilstaan. Dit werd nog eens versterkt doordat de omlooptijd aan het eind van de dag toenam door de opkomende spits. Omdat het een vrij dikke onderlaag betrof werd er ondanks deze stilstand toch snel gewerkt door de spreidmachine. Tussen de golven door moest er dan ook vaak lang gewacht worden op asfalt.

Aan de voorkant van het gebouw hing een overhang van het dak deels boven het werk. Aangezien een vrachtwagen daaronder niet kon kippen moest de spreidmachine aan de kant van het gebouw erg breed draaien. Aangezien de vizel niet verlengd is was de kans op ontmenging daar groter. In Sneek is er deze dag 435 ton asfalt verwerkt, hiervoor hebben vier vrachtwagens drie ritten gemaakt en de andere vier hebben twee ritten gemaakt.

Tot slot zijn er nog enkele zaken die zijn opgevallen tijdens gesprekken met het personeel bij de asfaltset. Terwijl verschillende werkomstandigheden de afgelopen jaren achteruit zijn gegaan gaat de betrokkenheid achteruit. Op de bouwplaats heerst het gevoel voor een baas te werken die geen aannemer is maar accountant en weinig idee heeft van hoe het werk daadwerkelijk gaat. De persoonlijke relatie met de baas bestaat niet meer. Wel is de aandacht voor veiligheid en Arbo omstandigheden de laatste jaren verbeterd.

6.4 Planning en verwachtingen versus de uitvoering

De planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator zijn behandeld in paragraaf 5.3, en de daadwerkelijke uitvoering van de werken is behandeld in de vorige paragraaf. Deze twee zullen in deze paragraaf met elkaar vergeleken worden, dit gebeurt per werk apart.

Groningen

Aangezien het werk een deklaag betrof die met totaal drie spreidmachines aangelegd werd zijn er relatief veel vrachtwagens ingezet. Dit om te zorgen dat de spreidmachines zoveel mogelijk door konden werken. De verwachting was dat er continu voldoende asfalt voorradig zou zijn op het werk. De start van het asfalteren was gepland om zeven uur. Deze planning liep meteen bij het begin al mis. Twee chauffeurs hadden zich verslapen, daardoor was er om zeven uur maar één auto op het werk in plaats van drie. Hierdoor begon het asfalteren pas om kwart voor acht, met drie kwartier vertraging. Daarnaast ging er ook nog een vrachtwagen stuk, deze heeft twee uur stil gestaan. Hierdoor was de aanvoer van asfalt lager dan gepland. Dit had echter geen hele grote gevolgen. Doordat het werk vertraagd begon was er bij aanvang al een voorraad opgebouwd. Dit kwam doordat de chauffeurs die zich verslapen hadden nu tegelijk met de vrachtwagens aankwamen die later ingepland stonden. De vooraf ingeplande spreiding van aankomst op de centrale was hierdoor wel meteen weg. Hierdoor ontstond een buffer op het werk. Daarnaast moest er in het eerste stuk een paar keer opgesteld worden door de spreidmachine.

Chauffeurs die zich verslapen en materieel dat defect raakt zijn vervelende gebeurtenissen die funest zijn voor de planning. Doordat het nu de eerste chauffeurs betrof werd er later gestart met asfalteren en was de invloed klein. Indien het chauffeurs waren geweest die als laatste hadden moeten laden dan had er een gat in de aanvoer van asfalt gezeten. Dit had dan ook de kwaliteit van het asfalt nadelig kunnen beïnvloeden. Met deze factoren valt echter bij het plannen geen rekening gehouden, het is dan ook vrijwel onmogelijk om dit te voorkomen door middel van planning.

Het eerste deel van de asfalterwerkzaamheden is grotendeels uitgevoerd door twee machines. Hierdoor was de aanvoer van asfalt ondanks de opstartproblemen eigenlijk te groot. Zelfs met één auto defect stonden er continu auto's te wachten. Dit eerste deel had zelfs met één a twee auto's minder toegekund.

Het tweede deel van de asfalterwerkzaamheden is helemaal met drie machines gedraaid en was de vraag naar asfalt groter. Er hadden dan vanaf dit deel twee auto's extra ingehuurd kunnen worden. Door deze auto's later in te huren had er bespaard kunnen worden op de kosten en was daarmee de efficiëntie verhoogd. Dit had echter als belangrijk nadeel gehad dat de zekerheid van voldoende asfalt op het werk een stuk lager was geworden. Met als mogelijk gevolg dat de kwaliteit in het geding had kunnen komen. Met betrekking tot de kwaliteit is het dan ook een goede keuze geweest om deze vrachtwagens meteen vanaf het begin mee te laten draaien.

Op het moment dat de derde machine weer begon te draaien stonden er drie vrachtwagens te wachten op het werk. De aanwezige voorraad slonk vanaf dat moment langzaam aan. Na ongeveer drie kwartier asfalteren was de voorraad helemaal weg en was de lossende wagen voor spreidmachine één leeg. Dit had als gevolg dat deze machine een tijdje stil moest staan en daarna een eindje achter de andere twee machines aan kwam. Hierdoor is op de plek van de stilstand een koudere plek in het



Figuur 6-7 Warm in warm draaien van asfalt

asfalt ontstaan. Daarnaast was de nieuwe asfaltlaag naast die van machine één nu verder afgekoeld op het moment dat machine één hier langs kwam. Daardoor zal de hechting minder goed geweest zijn. Dit had achter niet met een andere planning opgevangen kunnen worden. Dit was namelijk een gevolg van het feit dat de vrachtwagens niet meer verspreid aankwamen maar in golven achter elkaar. Dit is weer te herleiden tot de twee chauffeurs die zich verslapen hadden waardoor ze de rest van de dag tegelijk aankwamen met later ingeplande vrachtwagens.

De planning en verwachtingen zijn behoorlijk goed uitgekomen ondanks enkele onvoorziene problemen. Het feit dat er voldoende aanvoer van asfalt zou zijn is bijna de hele dag uitgekomen. En ook de verwachting dat vrachtwagens wel eens een kwartier of langer zouden moeten wachten voor ze konden lossen is uitgekomen. Verder werd er verwacht dat er net geen 700 ton asfalt verwerkt zou worden, met 660 ton verwerkt asfalt is dit behoorlijk goed uitgekomen.

Over de gehele dag bekeken was duidelijk te merken dat er is ingezet op continuïteit van de spreidmachines. Zeker vergeleken met de twee andere werken komt er zeer weinig stilstand voor. De momenten dat er wel stilstand voorkomt zijn te herleiden naar problemen eerder op de dag.

Witmarsum

Dit werk lag een stuk verder van de centrale dan het werk in Groningen. Toch werden er maar vijf vrachtwagens ingezet, dit is apart aangezien er bij de andere werken meer werden ingezet terwijl de afstand tot de centrale kleiner was. De verwachting was dan ook dat de spreidmachine een paar keer een tijd stil zouden moeten staan. Dit werd niet als een probleem gezien door de asfaltcoördinator omdat het een onderlaag betrof. Het inzetten van een extra vrachtwagen brengt extra kosten met zich mee daarom is dit beperkt gehouden. Er werd verwacht dat er circa 375 ton asfalt nodig was en dat de vijf auto's daar drie keer voor zouden moeten rijden. Ook tijdens dit werk werd de planning vroegtijdig verstoord doordat één van de vrachtwagens weg moest om een wals te vervoeren die elders in het land nodig was. Voor deze vrachtwagen is een vervanger geregeld waardoor de problemen hierdoor niet heel erg groot zijn geworden.

De asfaltwagens waren ook nu zo ingepland dat ze met enige tussentijd aan zouden komen op de centrale. De laatste twee wagens kwamen echter de eerste keer al tegelijk op het werk aan. En ook later op de dag kwamen de wagens steeds meer in golven aan. Dit had als gevolg dat er tussen deze golven lange perioden zonder asfalt zaten. Dit was eigenlijk hetzelfde als in Groningen maar werd nu versterkt door de lange afstand tussen de centrale en het werk en het kleinere aantal vrachtwagens. Daarnaast was tussen half elf en half een wacht rij bij de centrale hierdoor viel een gat tussen de vrachtwagens, zo was er tussen 11:35 en 12:35 geen asfalt. Dit gat bleef de hele dag terug komen, dit is in bijlage 3B goed te zien. Ondanks het feit dat dit vrij vroeg op de dag duidelijk was werd er niet langzamer gedraaid met de spreidmachine. Doordat er met zes meter per minuut werd gedraaid en het een dikke onderlaag betrof waren de vrachtwagens snel leeg.

Door al deze wachttijden koelde het asfalt veel af voor er weer verder gewerkt werd. Dit werd nog versterkt doordat er een paar regenbuien vielen tijdens stilstand. Dit is nadelig geweest voor de kwaliteit van het asfalt.

Er was gepland dat de vijf vrachtwagens elk drie ritten zouden maken. Doordat het benodigde aantal tonnen hoger uitviel dan gepland moest één auto echter nog een rit maken. Dit is in het logboek niet te zien doordat auto twee al een rit had gemaakt. Door de omlooptijd van circa twee uur was het werk later klaar dan gepland. Deze laatste rit viel hierdoor ook tijdens de beginnende spits waardoor het gat met de vorige vrachtwagens nog groter werd. Het effect van de spits was groter dan in Groningen door de langere afstand van de centrale naar het werk.

Indien er niet bespaard was op een extra auto was deze laatste rit niet nodig geweest. Dit zou meerdere voordelen hebben gehad. Ten eerste zou door een extra vrachtwagen het gat tussen de

andere vrachtwagens kleiner zijn geworden, dit was beter geweest voor de kwaliteit. Daarnaast was het werk ook een uur eerder klaar geweest. Dan had de vrachtauto die de laatste rit heeft gereden twee uur eerder naar huis gekund en was ook de asfaltset een uur eerder klaar geweest. Deze besparing zou het inzetten van een extra vrachtwagen qua kosten ruimschoots goed hebben gemaakt.

Leeuwarden en Sneek

Er werd verwacht dat het werk in Leeuwarden weinig stilstand zou kennen door de inzet van zes vrachtwagens. Deze verwachting is goed uitgekomen. De spreidmachine heeft maar één keer stil hoeven staan als gevolg van gebrek aan asfalt. Er werd verwacht dat er 225 ton asfalt nodig was en dat de twee vrachtwagens die de asfaltset moesten verplaatsen geen tweede rit hoefden te maken. Uiteindelijk is er 218 ton asfalt verwerkt en was dit inderdaad niet nodig.

Vanwege de langere afstand tot de centrale werden er twee extra vrachtwagens ingezet voor het werk in Sneek. Het was de verwachting dat ondanks de langere rit van een uur hierdoor de stilstand beperkt zou worden. Dit was echter niet het geval. Ook bij dit werk kwamen de vrachtwagens weer in golven aan waardoor er tussendoor tijden van stilstand voor kwamen bij de asfaltset. Dit kwam doordat de nieuw ingezette wagens en de wagens uit Leeuwarden die de asfaltset niet hoefden te verplaatsen allemaal tegelijk vol aankwamen in Sneek. Toen de asfaltset in Sneek begon te asfalteren stonden er vijf volle vrachtwagens te wachten. Het was beter geweest als deze vrachtwagens met een kwartier tussenpauze bij de centrale vertrokken waren om deze golf te voorkomen. Deze golf bleef de rest van de dag terugkomen en de stilstand van de asfaltset werd nog eens verlengd door de opkomende spits aan het eind van de dag, zoals te zien is in bijlage 3B.

De extra vrachtwagens verhielpen de stilstand niet doordat de auto's in golven aankwamen. Doordat er meer vrachtwagens reden werd de lengte van de stilstand wel kleiner en kon er meer asfalt verwerkt worden dan het geval zou zijn geweest met minder wagens. De inzet van de vrachtwagens had echter beter gekund. Door ze vanaf de centrale met een tussentijd te laten vertrekken was er minder stilstand geweest en was daarmee een betere kwaliteit van het asfalt bereikt. Er was hierdoor niet meer of minder asfalt verwerkt en de efficiëntie was dus ook niet hoger geweest.

Voor Sneek stond 640 ton asfalt ingepland. Doordat het werk in Leeuwarden later erbij was gepland werd verwacht dat het werk in Sneek niet helemaal meer af zou komen. Dit klopte, er is maar 435 ton asfalt verwerkt, de rest van het terrein is de volgende dag verwerkt.

6.5 Actieve bijsturing van de logistiek

Door middel van de planning kan de logistiek van de uitvoering geoptimaliseerd worden. Tijdens de uitvoering kunnen zaken echter altijd nog anders lopen en veel zaken vallen gewoonweg niet in te plannen. Mogelijkerwijs kunnen de inefficiënties die hierdoor in het logistieke proces ontstaan aangepakt worden door tijdens de uitvoering de logistiek bij te sturen. In deze paragraaf wordt deze mogelijkheid bekeken. Er wordt eerst gekeken naar mogelijke bijsturing tijdens de uitgevoerde werken, vervolgens zal er gekeken worden naar de bijsturing tijdens de uitvoering in het algemeen. Deze bijsturing zou plaats kunnen vinden door de verwerkingssnelheid van de asfaltset aan te passen of door vrachtwagens op een bepaalde plek te laten wachten zodat ze meer verspreid aankomen op het werk. Men zou verwachten dat dit niet nodig is, maar dat dit automatisch zou gebeuren doordat de ene wagen al kan vertrekken terwijl de volgende geladen of gelost wordt. In praktijk komt het echter zeer vaak voor dat de wagens achterelkaar aan rijden en tegelijk of vlak achter elkaar op het werk of de centrale aankomen. Daarna valt er dan een gat, dit is goed zichtbaar in bijlage 3B.

Groningen

Zoals in de vorige paragraaf al is vastgesteld zijn er bij het werk in Groningen een paar dingen misgelopen die met de planning niet te ondervangen zijn. Personeel dat zich verslaapt en materieel dat stuk gaat hoort bij het vak. Actieve bijsturing zou de problemen die hierdoor ontstaan op kunnen lossen of verminderen. In dit geval ontstond er niet direct een probleem doordat het asfalteren werd uitgesteld. Tijdens het eerste deel van het asfalteren was er constant genoeg aanvoer van asfalt. Indien dit niet het geval geweest was dan was de enige oplossing de spreidmachine langzamer laten draaien. Deze snelheid moet dan afgestemd worden op de aanvoer van het asfalt. In bijlage 3B is goed te zien dat de aanvoer mooi verspreid is. Door het wachten op het werk zit er de eerste keer wel een groot gat tussen aankomst van wagen acht en de tweede rit van wagen één maar door de aanwezige voorraad is dit geen probleem.

Tijdens het tweede deel van het asfalteren, toen de drie machines de hele tijd tegelijk draaiden kon de aanvoer van asfalt de verwerking niet bijbenen en was de voorraad binnen drie kwartier verdwenen. Gezien het aantal vrachtwagens is het actief spreiden daarvan weinig zinvol. Met negen vrachtwagens is het interval tussen aankomst minder dan tien minuten als ze optimaal verspreid aankomen. Dit wordt snel weer ongedaan gemaakt door wachttijden bij de centrale of op het werk of door verkeersinvloeden. De vrachtwagens ergens laten wachten had dan ook weinig zin gehad. Door de spreidmachines langzamer te laten draaien had de stilstand wel voorkomen kunnen worden. Het slinken van de voorraad uitte zich niet heel zichtbaar voor de asfaltploeg. De wachtende vrachtwagens stonden steeds korter te wachten, dit is voor een asfaltploeg echter haast niet te overzien. Dit is bijvoorbeeld veel lastiger te overzien dan een voorraadberg die kleiner wordt.

Witmarsum

Bij het werk in Witmarsum kwamen de vrachtwagens vanaf de eerste rit aan in golven. Vrachtwagens vier en vijf kwamen tegelijk aan op het werk. Ook vrachtwagen één en twee reden erg dicht achterelkaar aan. Hierdoor waren de gaten waarin er geen asfalt was veel groter dan het geval zou zijn geweest wanneer de vrachtwagens allemaal verspreid aankwamen. Alleen het terugschroeven van de verwerkingssnelheid van de asfaltset is hierbij niet meer voldoende. Tegen deze golven had in dit geval echter prima actie ondernomen kunnen worden. Het feit dat de asfaltset steeds op asfalt zit te wachten kan namelijk verholpen worden door vrachtwagens juist bij de centrale vast te houden. Door in dit geval wagen vijf en twee bij de centrale te laten wachten komen deze de rest van de dag meer verspreid aan. Hiermee veranderd het feit niet dat de verwerkingssnelheid van de asfaltset hoger is dan de aanvoer maar doordat de wagens verspreid aankomen wordt de lengte van de stilstand in ieder geval verkort. Hierdoor ontstaan meer stilstanden maar deze zijn wel korter en leiden dus tot minder zware kwaliteitsvermindering. Een goed voorbeeld hiervan is in het logboek te zien nadat wagen één en twee lang gewacht hebben bij de centrale na hun tweede rit. Wagen twee reed daarna vrij snel achter één aan. Als gevolg daarvan viel er meteen een gat naar de volgende wagen die vertrok vanaf de centrale. Daardoor was er nadat wagen twee gelost was een tijdje geen asfalt voor de spreidmachine. Als in plaats daarvan wagen één langzaam gelost was en twee even gewacht zou hebben, dan was er geen groot gat naar de volgende wagen ontstaan. In het ideale geval zou daarom ook de verwerkingssnelheid van de asfaltset aangepast worden aan de situatie. Helemaal ideaal zou het zijn als de aanvoer vergroot zou worden indien dit nodig is, door meer vrachtwagens in te zetten. Meer vrachtwagens inzetten kost echter ook meer geld en het is de vraag of het dat waard is.

Leeuwarden en Sneek

Bij het werk in Leeuwarden was de aanvoer goed afgestemd op de verwerking van asfalt. De spreidmachine heeft nauwelijks stil gestaan. Verreweg de meeste stilstand kwam voort uit het opnieuw opstellen of omdat men om putten heen moest werken.

Het werk in Sneek was een ander verhaal. Hier kwam veel onnodige stilstand voor terwijl er voor dit werk twee extra vrachtwagens waren ingezet. De inzet van extra wagens om de langere rit op te vangen had kunnen werken mits de wagens goed zouden zijn ingezet. Nu waren er echter vijf volle en één halfvolle vrachtwagen op het werk toen de spreidmachine begon te draaien. Als er langzaam zou zijn gedraaid waren deze auto's wel weer verspreid geraakt. Er werd echter snel gedraaid en het betrof een dikke onderlaag. Het lossen ging dus vrij snel en daardoor raakten de wagens weinig verspreid. Hierdoor is later op de dag lange stilstand ontstaan voor de asfaltset. Deze stilstand had verkort kunnen worden als de auto's pas later en verspreid bij de centrale weggestuurd zouden zijn voor hun eerste rit naar Sneek.

De extra auto's verhelpen op deze manier de stilstand niet. De tijdsduur van de stilstand wordt hooguit iets verminderd doordat er meer wagens gelost moeten worden waardoor er iets langer gedraaid moest worden, dit is echter marginaal vergeleken met wat er met de extra wagens bereikt had kunnen worden. Door de inzet van de extra wagens ging de totale productie capaciteit wel omhoog doordat er meer asfalt per uur aankwam op het werk.

Bijsturing van de logistiek

Samengevat is voor de beschouwde werken gebleken dat actieve bijsturing in meer of mindere mate bij kan dragen aan minder stilstand van het materieel. Dit geldt vooral voor de asfaltset maar ook voor de vrachtwagens. Doordat ze minder tegelijk aankomen, hoeven ze ook minder te wachten op het werk voor ze kunnen lossen of op de centrale voor ze kunnen laden. Hierdoor kan er in theorie meer asfalt per uur vervoerd worden. Immers het materieel is per tijdseenheid ook meer in beweging. Of dit in praktijk ook zo is blijft de vraag. Feit is wel dat de kwaliteit gebaat is bij zo weinig mogelijk stilstand van de asfaltset en dit wordt hierdoor gerealiseerd.

Er zijn twee mogelijke vormen van aansturingen, het spreiden van de vrachtwagens en het verlagen van de verwerkingssnelheid van de spreidmachine. De spreiding is meestal al ingepland voor de eerste aankomst op de centrale van de vrachtwagens. Het blijkt echter dat al tijdens de eerste rit deze spreiding verdwijnt doordat vrachtwagens toch tegelijk vertrekken van de centrale of moeten wachten op het werk. Daarom moet deze spreiding gedurende de dag hersteld worden.

Dit kan in praktijk gebracht worden door de vrachtwagens gespreid weg te sturen bij de asfaltcentrale. De chauffeur krijgt dan bij de centrale te horen wanneer hij mag vertrekken. Dit zou bepaald worden aan de hand van een van te voren met de uitvoerder afgesproken minimum interval. Hierbij moet de centrale wel een extra taak op zich nemen terwijl het als losstaand bedrijf hier niet verantwoordelijk voor is. Toch is dit een betere optie dan de vrachtwagens op het werk met intervallen te laten vertrekken. Doordat de rit dan heen en terug afgelegd moet worden is de kans dat vrachtwagens toch weer tegelijk aankomen als gevolg van verkeersomstandigheden veel groter. Ook wachtrijen bij de asfaltcentrale kunnen hier voor zorgen. In dat geval heeft het spreiden van de vrachtwagens geen zin gehad.

Het afstemmen van de verwerkingssnelheid van de asfaltset op de aanvoer van asfalt is lastiger te realiseren. Het is voor de asfaltploeg namelijk moeilijk bij te houden wanneer een vrachtwagen ongeveer aan gaat komen op het werk en hoeveel voorraad er precies op het werk is. Men houdt immers niet bij hoe lang het geleden is dat een wagen vertrokken is of dat hij is aangekomen op het werk. Constant contact houden met de chauffeurs en vragen hoe lang ze nog onderweg zijn is ook geen optie. Dit kan echter opgelost worden door het gebruik van transport management systemen die activiteiten registreren zoals aankomst op het werk of de centrale en het vertrek. De nieuwere systemen houden zelfs de locatie van de vrachtwagens bij. Hierbij worden boordcomputers ingezet op de vrachtwagens. Indien dit systeem op een spreidmachine geïnstalleerd zou worden kan een machinist snel zien hoe lang het nog ongeveer duurt voor er weer asfalt op het werk arriveert. Zo kan hij beslissen of hij door kan draaien of tempo moet minderen.

Indien met eigen materieel het transport van asfalt gedaan wordt is dit gemakkelijk realiseerbaar. Wanneer externe transporteurs worden ingehuurd voor het transport zoals bij Dura Vermeer het geval is wordt dit lastiger. Bij de asfaltploeg uit Beuningen die voornamelijk gebruik maakt van één transporteur is dit geen groot probleem indien deze transporteur gebruik maakt van boordcomputers. Er moet dan een goede afspraak over worden gemaakt met de transporteur. Vooral bij de asfaltploeg Oost is dit echter lastiger aangezien er verschillende transporteurs ingehuurd worden omdat de vaste transporteur maar een kleine hoeveelheid wagens heeft. Hierdoor kan het voorkomen dat er verschillende boordcomputers gebruikt worden of dat een transporteur geen boordcomputer gebruikt. Aangezien het gebruik van dit systeem alleen nut heeft als alle wagens verbonden kunnen worden is dit niet handig. Ook hier is echter een oplossing voor. Er zijn sinds kort mobiele boordcomputers leverbaar die aan de ingehuurde chauffeurs meegegeven kunnen worden. Deze boordcomputers kunnen voorzien worden van standaardsoftware maar ook van speciale toegepaste software voor de gewenste eigenschappen. Deze zouden dan in het bezit van de aannemer zijn en zodoende helemaal aangepast zijn op de eigen eisen en wensen. Aangezien vrachtwagens dezelfde route heen en terug nemen zou het bijvoorbeeld handig zijn als op het scherm aangegeven wordt of de wagen geladen is of niet.

Hierbij is het zeer belangrijk om ook de asfaltploeg en de chauffeurs te overtuigen van het belang van de continuïteit en daarmee van deze technieken. Als de asfaltploeg liever snel doorwerkt en dan even gaat koffie drinken of de chauffeurs achter elkaar aan rijden omdat ze dat leuk vinden heeft het toepassen van deze technieken weinig zin.

6.6 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de metingen geëvalueerd. Vanwege de korte tijd en de bewerkelijkheid van de GPS metingen zijn er maar een paar werken beoordeeld. Op basis van deze werken kunnen echter wel een paar conclusies getrokken worden. Het bleek dat de grootste problemen met betrekking tot de logistiek bij de werken in Witmarsum en Sneek lagen. Ondanks dat het hier om onderlagen ging die minder gevoelig zijn voor afkoeling geven de problemen bij deze werken wel aan waar de gevaren liggen met betrekking tot de logistiek.

Ten eerste is het opvallend dat vrachtwagens verschillende routes nemen. Vooral in Groningen was het relatieve verschil in ritduur groot. Investerings in gespecialiseerde navigatiesoftware voor vrachtverkeer door de transporteurs kan hierbij uitkomst bieden. Dit betekent voor DVI als klant snellere aanvoer van asfalt doordat de duur van het transport korter is. Voor de transporteur betekent dit minder brandstofkosten door de kortere routes.

Door de relatief grote inzet van vrachtwagens in Groningen konden problemen zoals een defecte vrachtwagen en twee chauffeurs die zich verslapen hadden goed opgevangen worden. Als dit niet gebeurd was dan was het aantal vrachtwagens waarschijnlijk te groot geweest gedurende het eerste deel van het asfalteren. Aangezien tijdens het tweede deel de inzet niet te groot was is het een goede keuze geweest om toch zoveel vrachtwagens in te zetten. Gezien de relatief kleinere inzet van vrachtwagens had een defect bij de andere werken tot grotere problemen kunnen leiden.

Het is gebleken dat de stilstand van materieel vooral voortkomt uit het feit dat vrachtwagens in golven aankomen bij het werk. Om dit te voorkomen is het belangrijk dat er bewustzijn wordt gecreëerd van het belang van continuïteit bij zowel de asfaltploeg als de chauffeurs. Vervolgens kan deze continuïteit verbeterd worden door de toepassing van intervallen voor vertrekkende chauffeurs, en het gebruik van transport management systemen om de gewenste snelheid van de spreidmachine te bepalen. Dit kan in de toekomst steeds verder geautomatiseerd worden.

Planning

Op dit moment wordt stilstand nog vaak op de koop toe genomen omdat de inzet van extra vrachtwagens extra geld kost. Dit kan vanwege de lage inschrijvingen op aanbestedingen vaak niet uitgegeven worden. Een gevaar hiervan is wel dat er stilstandplekken kunnen ontstaan waar na verloop van tijd schade ontstaat die voor extra kosten zorgt als dit binnen de garantieperiode gebeurt. Op dit moment is het echter niet te zeggen of een stilstand voor kosten gaat zorgen en hoeveel dit gaat kosten. Onderzoek hiernaar zou een afweging tussen nu geld uitgeven om stilstand te voorkomen of later geld uitgeven aan reparaties mogelijk maken. Dit is echter zeer lastig, niet elke stilstand zal tot schade leiden en niet elke schade hoeft gerepareerd te worden en de kosten verschillen ook per schade.

Opvallend is verder dat de problemen met de logistiek vooral ontstaan bij de werken die verder van de centrale liggen. Bij de werken die dichtbij lagen was er soms zelfs een overschot aan vrachtwagens. Voor de werken verder af was het aantal ingezette wagens minimaal. De zelfde conclusie is ook getrokken door Miller en Doree bij onderzoek naar andere werken in Nederland (Miller & Doree, 2008). Het blijkt dat de planner over het algemeen de rol van de ritafstand niet genoeg meeneemt bij de keuze voor het aantal in te zetten vrachtwagens.

Uitvoering

Het is voor de beschouwde werken gebleken dat actieve bijsturing in meer of mindere mate bij kan dragen aan minder stilstand van het materieel. Dit geldt vooral voor de asfaltset maar ook voor de vrachtwagens. Deze bijsturing kan op drie manieren plaatsvinden. Ten eerste kunnen er meer vrachtwagens ingezet worden. Dit brengt echter extra kosten met zich mee en is ook gebonden aan de maximaal beschikbare productiecapaciteit bij de centrale. Ten tweede kan de verwerkingssnelheid van de asfaltset omlaag gebracht worden, dit gebeurt nu vaak al voor deklagen. Tot slot kan de spreiding van de vrachtwagens beter geregeld worden om zo grote gaten tussen de aankomst van asfalt op het werk te voorkomen. Deze laatste twee mogelijkheden brengen weinig extra kosten met zich mee en zijn dus interessant.

Het spreiden van de vrachtwagens kan in praktijk gebracht worden door te zorgen dat de chauffeurs bij de centrale te horen krijgen wanneer ze mogen vertrekken. Dit zou bepaald worden aan de hand van een van te voren met de uitvoerder afgesproken minimum interval. Hierbij moet de centrale wel een extra taak op zich nemen terwijl het als losstaand bedrijf hier niet verantwoordelijk voor is.

Voor het afstemmen van de verwerkingssnelheid van de asfaltset op de aanvoer van asfalt kan gebruik gemaakt worden van transport management systemen waarbij boordcomputers ingezet worden. Deze systemen registreren de activiteiten zoals aankomst en vertrek op het werk of de centrale en de locatie van de vrachtwagens. Indien dit op een spreidmachine geïnstalleerd zou worden kan een machinist snel zien hoe lang het nog ongeveer duurt voor er weer asfalt op het werk arriveert. Zo kan hij beslissen of hij door kan draaien of tempo moet minderen.

7 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek was het onderzoeken van de invloed van de logistiek op de asfaltsector. Meer specifiek is onderzocht wat de invloed van de logistiek op de kwaliteit van het asfalt en de efficiëntie van de asfaltsector is, en hoe deze verbeterd kan worden. Om deze doelstelling te bereiken zijn verschillende hoofd- en subvragen gesteld. De hoofdvragen zullen nu samengevat beantwoord worden. Vervolgens zullen hieruit conclusies getrokken worden en aanbevelingen gedaan worden.

Beantwoorden onderzoeksvragen

De eerste hoofdvraag was gericht op het zoeken naar factoren die van invloed zijn op de kwaliteit en efficiëntie van het wegenbouwproces. Om dit te bereiken is eerst het wegenbouwproces in het algemeen onderzocht in paragraaf 2.2. Op basis van verdere literatuurstudie is onderzocht welke factoren van invloed zijn op de kwaliteit en welke van invloed zijn op de efficiëntie. Hieruit volgde een aantal voor de kwaliteit en efficiëntie belangrijke factoren welke zijn genoemd in paragraaf 2.3 en 2.4.

De volgende hoofdvraag richtte zich op de invloed van logistiek op de kwaliteit en efficiëntie. Hiervoor is onderzocht wat logistiek is en hoe dit de kwaliteit- en efficiëntiefactoren beïnvloed. Hieruit volgden de kwaliteitsfactoren die beïnvloed worden door of van invloed zijn op de logistiek, dit zijn de verdichting, de continuïteit van de asfaltset, de weersomstandigheden en de homogeniteit van het mengsel qua ingrediënten en temperatuur. De efficiëntie factor die beïnvloedt wordt door de logistiek is: De optimale inzet van het gebruikte materieel.

De volgende hoofdvraag richtte zich op een evaluatie van de huidige logistiek aan de hand van beschikbare gegevens van project Zestienhoven. Uit deze evaluatie volgde dat er verschillende extra gegevens benodigd waren om de logistiek goed te kunnen analyseren.

Vanwege het feit dat met de aangeleverde gegevens de logistiek niet goed genoeg geanalyseerd kon worden is bekeken welke gegevens benodigd waren om aan de doelstelling van dit onderzoek te voldoen. Hieruit bleek dat er gegevens nodig waren van de tijdsduur van alle activiteiten in het logistieke proces, met name van de stilstand van materieel. Daarnaast moest de reden van deze stilstand bekend zijn. Op basis hiervan is besloten om zelf metingen te verrichten bij asfaltwerkzaamheden. Er zijn vervolgens metingen verricht bij verschillende werken waarbij het logistieke proces in kaart is gebracht.

De volgende hoofdvraag richtte zich op het onderzoeken van de knelpunten in het logistieke proces die de kwaliteit of efficiëntie negatief beïnvloeden. Uit de literatuurstudie is gebleken dat de stilstand van het materieel de belangrijkste factor is voor beide factoren. Op basis van de uitgevoerde metingen is gekeken hoe vaak deze stilstand voortkomt en waardoor deze ontstaat. Hierbij is vooral gekeken naar de stilstand van de spreidmachine aangezien deze verantwoordelijk is voor het eventuele kwaliteitsverlies. In hoofdstuk zes is geconcludeerd dat deze stilstand vooral ontstaat door drie factoren. Er wordt bespaard op de inzet van vrachtwagens, de spreidmachine werkt vaak sneller dan de aanvoer van asfalt en de vrachtwagens komen in golven aan in plaats van verspreid.

Het antwoord op de vraag welke aanbevelingen er gedaan kunnen worden op basis van de gemaakte conclusies wordt behandeld in de conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Uit de literatuurstudie is naar voren gekomen dat er verschillende factoren van belang zijn voor de kwaliteit van asfalt en de efficiëntie van het bouwproces. Al deze factoren zijn terug te leiden naar één voorwaarde voor een goede kwaliteit en efficiëntie. Dit is een continue gelijkmatige aanvoer van asfalt naar het werk, zonder dat er ergens grote buffers ontstaan, welke is afgestemd op de verwerkingssnelheid van de asfaltset. Indien dit het geval is wordt er optimaal gebruik gemaakt van het ingezette materieel en wordt een minimale stilstand van het materieel bereikt. Deze stilstand is de belangrijkste door de logistiek beïnvloede factor voor de kwaliteit en efficiëntie.

Met een onbeperkte productiecapaciteit en hoeveelheid vrachtwagens zou deze continue aanvoer van asfalt gemakkelijk realiseerbaar zijn. De gehele logistiek kan dan afgestemd kan worden op de verwerkingssnelheid van de asfaltset. Dit zou een goede kwaliteit waarborgen, maar de ingezette vrachtwagens zouden dan verre van optimaal gebruikt worden. De efficiëntie zou dan ook niet optimaal zijn. Er wordt dan ook altijd een afweging gemaakt tussen het efficiënt werken van de asfaltset en het aantal in te zetten vrachtwagens. Het blijkt dus nodig om een optimale asfaltstroom naar het werk te creëren met een beperkt aantal vrachtwagens.

Op basis van de literatuurstudie is gebleken dat er op twee plekken in het proces mogelijkerwijs veranderingen aangebracht kunnen worden om het logistieke proces te verbeteren. Dit is bij de planning van de asfaltcoördinator en uitvoerder en tijdens de uitvoering van het werk.

Uit de metingen is naar voren gekomen dat de stilstand vooral ontstaat door het feit dat er wordt bespaard op de inzet van vrachtwagens, doordat de spreidmachine vaak sneller werkt dan de aanvoer van asfalt en doordat de vrachtwagens in golven aan komen in plaats van verspreid. Om dit te voorkomen is het belangrijk dat er bewustzijn wordt gecreëerd van het belang van continuïteit bij zowel de asfaltploeg als de chauffeurs. Het heeft namelijk geen zin om veranderingen door te voeren of investeringen te doen als bij het uitvoerend personeel het belang daarvan niet bekend is. Vervolgens kan de continuïteit verbeterd worden door veranderingen in de planning en bijsturing tijdens de uitvoering.

Planning

Uit de vergelijking tussen de planning en de uitvoering kan het volgende opgemaakt worden. Over het algemeen kloppen de verwachtingen van de planner redelijk goed. De verwachte uitvoering is echter niet altijd de meest optimale.

Zo is gebleken dat voor de deklaag in Groningen worden ondanks de korte rit relatief veel vrachtwagens ingezet. Voor de overige werken worden ondanks de langere ritten minder wagens ingezet. Voor deklagen wordt dus al veel waarde gehecht aan continuïteit van de asfaltset. Voor onderlagen ligt hier veel minder nadruk op. Blijkbaar wordt er vanuit gegaan dat de dikkere onderlagen minder last hebben van onderbrekingen doordat de warmte beter vast wordt gehouden. Ondanks het feit dat onderlagen minder gevoelig zijn voor stilstand is het ook voor deze lagen beter om stilstand zoveel mogelijk te voorkomen en dus in te zetten op een zo groot mogelijke continuïteit van de spreidmachine.

Bij de evaluatie van de metingen bleek dat de grootste problemen met betrekking tot de logistiek bij de werken in Witmarsum en Sneek lagen. Dit waren de werken die de grootste afstand hadden tot de asfaltcentrale. Bij elk werk zal de afweging gemaakt moeten worden hoeveel materieel er ingezet wordt. Het is echter wel opvallend dat de problemen met de logistiek vooral ontstaan bij de werken die verder van de centrale liggen. De inzet van vrachtwagens was bij deze werken dan ook minimaal. Bij de werken die dichtbij lagen was er soms zelfs een overschot aan vrachtwagens. Dezelfde conclusie is ook getrokken door Miller en Doree bij een ander onderzoek naar andere werken in Nederland (Miller & Doree, 2008). Het blijkt dat de planner over het algemeen de rol van de

ritafstand niet zwaar genoeg laat wegen bij de keuze voor het aantal in te zetten vrachtwagens. Er wordt meer afgegaan op de hoeveelheid asfalt en hoeveel spreidmachines aanwezig zijn.

Door de relatief grote inzet van vrachtwagens in Groningen konden problemen zoals een defecte vrachtwagen en twee chauffeurs die zich verslapen hadden goed opgevangen worden. Als dit niet gebeurd was dan was het aantal waarschijnlijk te groot geweest gedurende het eerste deel van het asfalteren. Aangezien tijdens het tweede deel de inzet niet te groot was is het een goede keuze geweest om toch zoveel vrachtwagens in te zetten. Gezien de relatief kleinere inzet van vrachtwagens had een defect bij de andere werken tot grotere problemen kunnen leiden.

Uit gesprekken met de asfaltcoördinator bleek dat stilstand op dit moment nog vaak op de koop toe genomen wordt. De inzet van een extra vrachtwagen kost extra geld dat vanwege de lage inschrijvingen op aanbestedingen vaak niet uitgegeven kan worden. Daarom wordt ervoor gekozen de spreidmachine zo nu en dan stil te laten staan. Een gevaar hiervan is wel dat op de plekken waar dit gebeurt na verloop van tijd schade ontstaat die voor extra kosten kan zorgen. Op dit moment is het echter lastig te zeggen of een stilstand voor kwaliteitsproblemen gaat zorgen en hoeveel dit eventueel gaat kosten.

Tot slot is het nog van belang dat last minute wijzigingen tot een minimum beperkt worden. Door deze wijzigingen is het namelijk meestal niet meer haalbaar om een optimale planning uit te voeren. Helaas zijn wijzigingen in de planning inherent aan het vak omdat men afhankelijk is van onder andere weersomstandigheden en voorbereidend werk van derden.

Uitvoering

Aan de hand van de metingen kan het volgende geconcludeerd worden over bijsturing van de logistiek tijdens de uitvoering. Het is voor de beschouwde werken gebleken dat actieve bijsturing bij kan dragen aan minder stilstand van het materieel. Dit geldt vooral voor de asfaltset maar ook voor de vrachtwagens. Deze bijsturing kan op drie manieren plaatsvinden. Ten eerste kunnen er meer vrachtwagens ingezet worden. Dit brengt echter extra kosten met zich mee en is ook gebonden aan de maximaal beschikbare productiecapaciteit bij de centrale. Ten tweede kan de verwerkingssnelheid van de asfaltset omlaag gebracht worden, dit gebeurt nu vaak al voor deklagen. Tot slot kan de spreiding van de vrachtwagens beter geregeld worden om zo grote gaten tussen de aankomst van asfalt op het werk te voorkomen. Deze laatste twee mogelijkheden lijken interessanter aangezien ze weinig extra kosten met zich mee brengen.

Het spreiden van de vrachtwagens kan in praktijk gebracht worden door te zorgen dat de chauffeur bij de centrale te horen krijgt wanneer hij mag vertrekken. Dit zou bepaald worden aan de hand van een van te voren met de uitvoerder afgesproken minimum interval. Hierbij moet de centrale wel een extra taak op zich nemen terwijl het als losstaand bedrijf hier niet verantwoordelijk voor is. Meestal is de spreiding al ingepland voor de eerste aankomst op de centrale van de vrachtwagens. Het blijkt echter dat al tijdens de eerste rit deze spreiding verdwijnt doordat vrachtwagens toch tegelijk vertrekken van de centrale of moeten wachten op het werk. Daarom moet deze spreiding gedurende de dag hersteld worden door intervallen te stellen tussen het vertrek van vrachtwagens vanaf de centrale.

Voor het afstemmen van de verwerkingssnelheid van de asfaltset op de aanvoer van asfalt kan gebruik gemaakt worden van boordcomputersystemen. Deze systemen vervangen schattingen van de asfaltploeg over de aankomst van vrachtwagens op het werk en de hoeveelheid voorraad. Deze systemen registreren de activiteiten zoals aankomst en vertrek op het werk of de centrale en de locatie van de vrachtwagens bij. Indien dit op een spreidmachine gemonteerd zou worden kan een machinist snel zien hoe lang het nog ongeveer duurt voor er weer asfalt op het werk arriveert. Zo

kan hij beslissen of hij door kan draaien of tempo moet minderen. Aangezien er veel gebruik gemaakt wordt van externe transporteurs is het aan te bevelen om gebruik te maken van mobiele boordcomputers. Deze kunnen aan de ingehuurd chauffeurs meegegeven worden. Deze boordcomputers kunnen voorzien worden van standaardsoftware maar ook van speciale software voor de gewenste eigenschappen. Deze zouden dan in het bezit van de aannemer zijn en zodoende helemaal aangepast zijn op de eigen eisen en wensen.

Tot slot zijn er nog enkele zaken die zijn opgevallen tijdens gesprekken met het personeel bij de asfaltset. Terwijl het beroep steeds meer eisen aan de arbeiders stelt in de vorm van grotere werkdruk, meer onregelmatige uren en nachtwerk en gecompliceerdere techniek gaat de betrokkenheid achteruit. Op de bouwplaats heerst het gevoel voor een baas te werken die geen aannemer is maar accountant, en weinig kennis heeft van de asfaltbouw zelf. De persoonlijke relatie met de baas bestaat niet meer. Ook het feit dat er veel managers boven elkaar staan die elkaar de hand boven het hoofd houden terwijl er onderin het bedrijf gesneden wordt steekt. De grote overhead betekent ook dat er relatief meer verdiend moet worden op een werk dan vroeger en dit verschil moet behaald worden door de arbeiders. Ondanks deze gevoelens blijkt wel dat ook de werklieden graag een kwalitatief hoogstaand product af willen leveren. Het afleveren van een goed product is namelijk iets waar ze trots op zijn en voldoening uit halen.

Aanbevelingen

Aan de hand van dit onderzoek en de daaruit volgende conclusies kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden.

Op basis van de onderzochte werken zijn diverse conclusies getrokken. Om de omvang en invloed van de problemen in de logistiek op de asfaltbouw te bepalen zullen meer projecten onderzocht moeten worden. Het is aan te raden om dit te doen in overleg met een transporteur die gebruik maakt van boordcomputers met GPS locatie bepaling. Dit maakt het onderzoek aanzienlijk minder arbeidsintensief doordat de GPS metingen niet meer handmatig uitgezocht moeten worden. In het ideale geval wordt ook de spreidmachine uitgerust met een boordcomputer, daarop wordt de stilstand en reden daarvan bijgehouden wordt door de machinist.

Met betrekking tot de planning van het aantal vrachtwagens op een werk wordt op basis van dit onderzoek en eerder onderzoek door Miller en Doree aanbevolen om de ritlengte zwaarder mee te laten wegen. Op dit moment wordt de lengte van de rit vaak niet zwaar genoeg meegewogen. Als de ritlengte zwaarder meegewogen wordt dan worden er bij werken met korte ritten minder vrachtwagens ingezet en op werken met lange ritten meer.

Daarnaast wordt verder onderzoek aanbevolen naar de kosten van stilstand. Indien deze kosten bekend zijn zou een afweging gemaakt kunnen worden tussen nu geld uitgeven om stilstand te voorkomen of later geld uitgeven aan reparaties. Deze afweging is op dit moment niet te maken. Dit komt doordat niet elke stilstand tot schade zal leiden en niet elke schade hoeft gerepareerd te worden. Ook de kosten hiervoor verschillen per schade. Om een goed oordeel hierover te vellen zou over een langere periode voor veel stilstanden bijgehouden moeten worden of er schades en kosten uit voortvloeien en wat die zijn. Hiervoor zou een zeer uitvoerig onderzoek nodig zijn wat alleen mogelijk is indien dit verder geautomatiseerd wordt. Hiervoor moet de spreidmachine uitgerust worden met GPS en een boordcomputer waarbij de machinist bij elke stilstand de reden opgeeft. Deze informatie zou dan opgeslagen moeten worden en later zou voor elke schade in het werk bekeken moeten worden of stilstand de mogelijke oorzaak is. Van al de opgeslagen stilstanden wordt bijgehouden of het schade heeft opgeleverd en als dit zo is wat de kosten hiervan waren. Op basis van kansberekening kan dan berekend worden of het loont om meer materieel in te zetten om

latere kosten door kwaliteitsverlies te voorkomen. Er is nu veel onduidelijkheid over de oimvang van de impact van stilstand op de kwaliteit. Onderzoek hiernaar zou dan ook zeer waardevol zijn aangezien reparaties van werken erg kostbaar zijn.

Met betrekking tot de uitvoering worden de volgende aanbevelingen gedaan. De aanvoer van asfalt kan gespreid worden door de vrachtwagens niet achter elkaar aan te laten rijden. Dit kan in praktijk gebracht worden door te zorgen dat de chauffeur bij de centrale te horen krijgt wanneer hij mag vertrekken. Dit zou bepaald worden aan de hand van een van te voren met de uitvoerder afgesproken minimum interval. Deze spreiding moet gedurende de hele dag aangehouden worden. Eventueel zou voor de laatste rit beslist kunnen worden dit niet te doen.

Voor het afstemmen van de verwerkingssnelheid van de asfaltset op de aanvoer van asfalt wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar het gebruik van transport management systemen. Deze systemen registreren door middel van boordcomputers in de vrachtwagens de activiteiten zoals aankomst en vertrek op het werk of de centrale en de locatie van de vrachtwagens bij. Indien dit systeem op een spreidmachine gemonteerd zou worden kan een machinist snel zien hoe lang het nog ongeveer duurt voor er weer asfalt op het werk arriveert. Aangezien er veel gebruik gemaakt wordt van externe transporteurs kan er gebruik gemaakt worden van mobiele boordcomputers. Hiervoor moet onderzocht worden welke systemen gemakkelijk geconfigureerd kunnen worden voor gebruik in de asfaltsector. Zo moet bijvoorbeeld onderscheid gemaakt worden tussen volle en lege vrachtwagens. Ook moet het basisstation op een spreidmachine geïnstalleerd kunnen worden. Op dit basisstation worden de signalen van de boordcomputers ontvangen en verwerkt.

Daarnaast wordt het aanschaffen van voor vrachtverkeer gespecialiseerde navigatiesoftware door de transporteurs aanbevolen. Dit betekent voor DVI als klant snellere aanvoer van asfalt doordat de duur van het transport korter is. Voor de transporteur betekent dit minder brandstofkosten door de kortere routes.

Ook is gebleken dat de communicatie met uitvoerend personeel erg belangrijk is. Het wordt aanbevolen om eventuele veranderingen op een goed doordachte manier aan het personeel voor te leggen. Op die manier wordt ervoor gezorgd dat de verandering geaccepteerd en uitgevoerd wordt. Uitleggen waarom iets moet veranderen zorgt ervoor dat de kans groter is dat de wijzigingen ook daadwerkelijk uitgevoerd word. Ook in de communicatie naar de externe transporteurs en chauffeurs is dit belangrijk.

Tot slot zijn tijdens dit onderzoek enkele onderwerpen aan het licht gekomen die niet zijn onderzocht maar wel als interessant onderwerp voor onderzoek zijn aangemerkt. Zo is onderzoek naar goed voorraad beheer bij asfaltcentrales een goed onderzoeksonderwerp voor een bachelor- of afstudeerstage. Een goede balans tussen genoeg voorraad om late bestellingen af te handelen en niet teveel voorraad om zo de kosten te drukken kan veel geld opleveren.

In hoofdstuk vier is de keuze gemaakt om de stilstand van materieel te onderzoeken. De andere onderzoeksmogelijkheid is nog wel een interessant onderzoeksthema. Dit betreft het onderzoeken van de invloed van het soort vrachtwagen, de isolatiesoort en de ritduur op de afkoeling.

Toekomstvisie

In de conclusie en aanbevelingen is de toepassing van nieuwe technieken meerdere keren voorgesteld. Hierbij valt vooral te denken aan het gebruik van transport management systemen, deze systemen houden het gehele logistieke proces in de gaten.

In de toekomst zouden deze technieken met behulp van toegepaste software nog verder geautomatiseerd en geavanceerd kunnen worden. Zo is het met de huidige navigatietechnieken al

mogelijk om route-informatie en verkeersinformatie real-time te gebruiken om op die manier de optimale route te bepalen. Dit zou ook toegepast kunnen worden om de aankomsttijd van vrachtwagens zeer exact te bepalen. Dit vervangt de geschatte aankomst tijd van de machinist. Op die manier worden ook files, wegomleidingen en andere vertragingen meegenomen.

Ook zou op basis van de gemeten werkbreedte en diepte van de spreidmachine automatisch de verwerkingsnelheid berekend kunnen worden. Op basis van de voorraad op het werk en de verwachte aanvoer van asfalt zou dan een voorgestelde werksnelheid bepaald kunnen worden. De voorraad- en aanvoergegevens zijn afkomstig van het transport management systeem. Het is dan aan de machinist om deze snelheid te interpreteren en rekening te houden met obstakels waardoor de verwerkingssnelheid lager of hoger wordt. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren bij een versmalling of verbreding in de weg.

Deze software kan ook op basis van vertrek- en aankomsttijden van alle vrachtwagens op het werk en de centrale zelf bepalen of een vrachtwagen al mag vertrekken van de centrale of beter nog even kan wachten. De spreiding van de vrachtwagens zou dan door dit systeem dynamisch geregeld kunnen worden en niet aan de hand van een vast interval. Dit systeem zou dan ook gekoppeld zijn aan het transport management systeem.

8 Bibliografie

- Ang, G., Groosman, M., & Scholten, N. P. (2005). Dutch performance-based approach to building regulations and public procurement. *Building Research & Information*, 107 - 119.
- Arcadis. (2006). *Monitoringsonderzoek vervolgprouf LZV*. Arnhem.
- Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f. (2003, juni 3). Afname van asfalt.
- Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f. (2004, maart 6). Algemene informatie A.C.S.
- Asfaltcentrale Stedendriehoek v.o.f. (2003, juni 3). Asfaltmenginstallatie A.C. Stedendriehoek b.v.
- Asfaltcentrale stedendriehoek v.o.f. (2003, juni 3). Planning van de asfaltproductie.
- ASPARI. (2009, 03 16). Opgeroepen op 04 22, 2009, van ASPARI: www.aspari.utwente.nl
- Beers, P. v., & Mangnus, S. (2006). *Shuttle buggy eindrapport ontwerpfase 3*. Delft: Dienst weg- en waterbouwkunde.
- Beltman, H. (2009, 06 16). Asfaltcoördinator. (S. Hoitema, Interviewer)
- Boenders, M. S. (2008). *Verbeterd asfaltverwerkingsproces door simulatie*. Enschede: Universiteit Twente.
- Falcom Gmhb. *JP7-T Family Data logger functionality*. Langweilen: Falcom Gmhb.
- Huerne, H. t. (2004). *Compaction of Asphalt Road Pavements*. Enschede: H.L. ter Huerne, CT&M Department.
- Huerne, H. t., & Doree, A. (2006). *Professionalisering asfaltwegenbouw sector Van ambacht naar industrie. Wegbouwkundige werkdagen 2006*.
- Kopenhagen, R. (2008). GPS bewerking in Excel.
- Miller, S. R., & Doree, A. G. (2008). Improving logistics in the asphalt paving process: what can we learn from the planner's logic? *24th Annual ARCOM Conference*, 381-390.
- NMEA MTK checksum calculator. (2007, oktober 14). Opgeroepen op mei 25, 2009, van <http://www.hhhh.org/wiml/proj/nmeaxor.html>
- Satter, G. (2007). *Logistiek in de asfaltindustrie*. Zaltbommel: Satter, G.H.D.
- Schottert, H. A. (2008, april 24). Dhr. (S. Hoitema, Interviewer)
- Schouten, R. J. (Regisseur). (2008). *Baanrenovatie Rotterdam Airport* [Film].
- SiRF Technology inc. (2007). *NMEA reference manual*. San Jose: SiRF.
- SiRF Technology inc. (2006). *SiRF demo user guide*. San Jose: SiRF.
- Van Dale. (2005). *Dikke Van Dale 3-in-1*. Utrecht: Van Dale.
- VWB Asfalt. (1996). *Asfalt in de wegen en waterbouw*. Breukelen: VBW Asfalt.

Bijlagen

1 GPS loggers en gebruikte programma's

In deze bijlage worden de gebruikte GPS loggers besproken. Daarnaast worden de gebruikte computerprogramma's en het gebruik hiervan besproken en uitgelegd.

1.1 GPS loggers en SIRFdemo

De GPS loggers en het programma SIRFdemo worden samen besproken. SIRFdemo is het programma dat gebruikt wordt om met de GPS loggers te communiceren. De loggers zijn van de fabrikant MIC-O-DATA international. Ze zitten in plastic kastjes met een accu, de kastjes kunnen open geschroefd worden om de logger met de pc te verbinden. Op het deksel zit een rood kruis dat aangeeft waar de antenne van de logger zit. De loggers hebben zelf geen bedieningsmogelijkheden, ze kunnen alleen aangezet worden door de logger met de batterij te verbinden. Verdere bediening gaat via een seriële verbinding met de computer, via deze verbinding wordt de logger aangestuurd. Hiervoor wordt SIRFdemo gebruikt, dit is een redelijk uitgebreid programma, voor deze toepassing worden echter maar een paar mogelijkheden gebruikt.

Als de GPS logger is ingeschakeld en verbonden aan de computer kan in het programma de verbinding ingeschakeld worden. Dit gebeurt door de functie: connect to data source. Meestal wordt de logger dan niet automatisch geregistreerd en moeten het protocol en de baudrate gesynchroniseerd worden. Bij het opstarten van het programma staat het standaard ingesteld op het SIRF protocol, een eigen GPS protocol van de fabrikant, dit wordt echter niet gebruikt. Er wordt namelijk overgestapt op het NMEA-0183 (NMEA) protocol, dit staat voor National Marine Electronics Association. NMEA-0183 is een industriestandaard voor de communicatie tussen verschillende maritieme apparaten. In dit protocol bestaan sub protocollen met een verschillende uitvoer, zoals snelheid, locatie, richting, etc. In dit geval wordt gebruik gemaakt van de GGA uitvoer wat staat voor Global Positioning System Fixed Data (SiRF Technology inc., 2006). Een voorbeeld van de uitvoer van dit protocol is als volgt:

```
$GPGGA,002153.000,3342.6618,N,11751.3858,W,1,10,1.2,27.0,M,-34.2,M,,0000*5E
```

De uitleg van deze uitvoer staat in tabel 1 op de volgende pagina.

Name	Example	Unit	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	002153.000		hhmmss.sss
Latitude	3342.6618		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	11751.3858		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table 1-4
Satellites Used	10		Range 0 to 12
HDOP	1.2		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	27.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation	-34.2	meters	Geoid-to-ellipsoid separation. Ellipsoid altitude = MSL Altitude + Geoid Separation.
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		sec	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*5E		
<CR> <LF>			End of message termination

Tabel 1 NMEA-0183 GGA Data format (SiRF Technology inc., 2007)

Van deze gegevens zijn alleen de volgende van belang: Protocol, UTC tijd, breedtegraad, noord/zuid, lengtegraad, oost/west en Fix (o = nee/ 1 = ja). Hierbij is de uitvoer van de tijd in de algemene satelliet tijd welke twee uur achter loopt met de Nederlandse tijd. De satelliet tijd is in het format uummss.sss waarbij dit respectievelijk voor uren, minuten en decimale seconden staat. De uitvoer van de lengte- en breedtegraad is ddmm.mmmm, d zijn graden en m zijn decimale minuten.

Nadat het SIRFdemo goed is ingesteld kan vanuit het programma een opdracht verstuurd worden naar de logger. Dit kan door een "serial message" te versturen naar de logger. Deze kan ingevoerd worden maar kan ook vooraf worden opgeslagen als command line bestand en dan worden aangeroepen. Dit is handig wanneer deze actie vaker uitgevoerd moet worden. Een serial message heeft een soortgelijke opbouw als de uitvoer van de logger. Deze is als volgt:

Start Sequence	Payload	Checksum	End Sequence
\$PSRF<MID> ¹	Data ²	*CKSUM ³	<CR> <LF> ⁴

Tabel 2 Serial Port Data Format (Falcom GmbH)

Bijvoorbeeld: \$PSRF100,0,9600,8,1,0*0C

Waarbij MID een identificatie code van drie cijfers is die de uit te voeren opdracht aangeeft. Data zijn de parameters van de ingevoerde opdracht. De CKSUM is een checksum, dit is een code bestaande uit twee karakters die afhankelijk is van de rest van de code. Deze code dient ter controle en wordt berekend aan de hand van de input data. De ontvanger vergelijkt de input met deze checksum als controle, dit is een beveiliging tegen corrupte data. Bij de checksum van het NMEA protocol worden alle karakters tussen het & en het * teken door een Xor filter gehaald. De exacte werking wordt hier buiten beschouwing gelaten. Op <http://www.hhhh.org/wiml/proj/nmeaxor.html> kan de checksum berekend worden voor dit protocol (NMEA MTK checksum calculator, 2007). CR en

LF zijn niet van belang, deze worden ook niet weergegeven in de code maar automatisch door het programma toegevoegd (Falcom Gmhb).

Er zijn verschillende serial messages die gebruikt worden in dit onderzoek.

- Alle opgeslagen data verwijderen uit het geheugen \$SPRF190,10*02
- Het geheugen uitlezen naar de computer: \$PSRF109,0,0,0,0,0*33
- Metingen opslaan in het geheugen met interval:
 - 15 seconden : \$PSRF109,11,4,0,15,0,0,0,0*2F
 - 30 seconden: \$PSRF109,11,4,0,30,0,0,0,0*28
 - 60 seconden : \$PSRF109,11,4,0,60,0,0,0,0*2D
- Ingestelde parameters voor het opslaan uitlezen: \$PSRF109,12*00

Uitgave van loggers

Voor het opstarten en uitvoeren van de GPS loggers is gebruikt gemaakt van het volgende stappenplan.

1. Laptop aan
2. SIRFdemo starten
3. Logger openen en koppelen aan laptop
4. Logger inschakelen
5. SIRFdemo: action → connect to data source
6. SIRFdemo: action → synchronize protocol & Baud rate
7. SIRFdemo: action → switch to NMEA protocol (alleen GGA, rest op 0; Baud rate 57600)
8. SIRFdemo: action → Transmit serial msg → Laad command line file met gekozen meet interval → selecteer NMEA protocol → send
9. SIRFdemo: action → Transmit serial msg → Laad command line file voor controle interval instellingen → selecteer NMEA protocol → send
10. Logger afkoppelen van laptop en dichtschoeven met het rode kruis boven de GPS logger
11. Logger in de auto, rood kruis naar het raam gericht.

Na punt acht gaat de logger de gegevens opslaan op voorwaarde dat er een GPS fix is en dat het gekozen interval verstreken is.

Punt negen is een controle om te kijken of deze instellingen goed staan. Hierbij worden de instellingen voor het meten weergegeven in SIRFdemo.

Inname en uitlezen van loggers

Na de metingen zijn de loggers weer in ontvangst genomen. De meting werd stop gezet door de logger te openen en de stroom van de accu naar de logger te onderbreken. Vervolgens is de data uitgelezen en opgeslagen op de computer.

Ook hier is een stappenplan voor gebruikt.

1. Logger aan laptop koppelen
2. SIRFdemo starten
3. Logger inschakelen
4. SIRFdemo: action → connect to data source
5. SIRFdemo: action → synchronize protocol & Baud rate
6. SIRFdemo: action → switch to NMEA protocol (alleen GGA, rest op 0; Baud rate 57600)
7. SIRFdemo: action → Open logfile → nieuwe logfile met duidelijke naam → 255 debug file
8. SIRFdemo: action → Transmit serial msg → Laad command line file voor het uitlezen van het geheugen

De bij punt zes geopende file is het bestand waarin de gegevens opgeslagen gaan worden. De file neemt de data over uit schermen in het SIRFdemo programma en dus niet rechtstreeks van de logger. Van de verschillende schermen is alleen het debug scherm met nummer 255 van belang. Stap zeven zorgt ervoor dat de opgeslagen gegevens van de logger uitgelezen worden in het debug scherm van SIRFdemo en zodoende in de file komen. Deze uitvoer is in het GGA formaat en wordt vooraf gegaan en gevolgd door een openings- en sluitingscode. Deze codes geven de start en stop datums en tijden van de meting weer.

1.2 Excel

De gemaakte logfile kan in Excel geïmporteerd worden. In Excel worden daarna verschillende bewerkingen uitgevoerd om de gegevens gebruiksklaar te maken zodat ze in Google Earth ingevoerd kunnen worden. Voor het bewerken van de gegevens is gebruik gemaakt van een bestaand Excel bestand van Robert Koppenhagen (Koppenhagen, 2008). Aan dit bestand zijn verschillende verbeteringen en veranderingen toegevoegd. Zo zijn alle bewerkingen geautomatiseerd zodat bij invoer op de gegevens pagina de gegevens op alle 4 de werkbladen aangepast worden en de uitkomsten verschijnen. Dit scheelt een hoop knip en plak werk en voorkomt fouten daarin. Daarnaast bleek de conversie van lengte- en breedte graden in graden en decimale minuten naar geschikte data voor Google Earth nog niet goed te werken. Dit komt doordat de huidige werking van sommige formules is gebaseerd op de selectie van nummers op een bepaalde plek in een getal. Dit ging fout bij de testrit, hoe dit is opgelost is vermeld bij testmeting twee in bijlage drie. In Nederland is bij de lengtegraad sprake van één cijfer bij de graden. De huidige file zal fouten maken op het moment dat dit twee cijferig wordt doordat dan een verkeerd cijfer geselecteerd wordt. Voor dit onderzoek is dit echter geen probleem aangezien alle metingen in Nederland zijn uitgevoerd.

Werkblad GPS data

De bewerkingen in Excel zullen nu nader besproken worden. De gegevens worden op het werkblad "GPS data" van het bestand ingevoerd. De gegevens die als GGA uitvoer achter elkaar staan kunnen door Excel automatisch bij het openen van de log file gescheiden worden. Dit ziet er als volgt uit.

MSG ID	Time	Latitude	N/S	Longitude	E/W	GPS Fix	No. Satellites
\$GPGGA	142.854.000	52.171.097	N	6.345.493	E	0	4
\$GPGGA	142.927.000	52.171.106	N	6.345.525	E	1	4

Werkblad gegevens bewerken

Vervolgens vinden op het werkblad "gegevens bewerken" de eerste bewerkingen plaats. Hier wordt de satelliet tijd omgezet van het format uummss.sss naar uu:mm:ss, daarnaast wordt de tijd omgerekend naar de Nederlandse tijd.

Zoals eerder aangegeven is de uitvoer van NMEA GGA voor de lengte- en breedte graad in graden en decimale minuten. Google Earth gebruikt echter standaard decimale graden voor de plaatsbepaling. De coördinaten moeten daarom in de Excel file omgezet worden. Om minuten naar decimale graden om te zetten moeten de minuten gedeeld worden door 60. Hoe dit gaat wordt aan de hand van een voorbeeld uitgelegd. Als breedtegraad wordt genomen 52.171.097. Hiervan worden de eerste twee cijfers geselecteerd wat resulteert in 52 graden. Vervolgens wordt 52.171.097 gedeeld door 10000 en worden de laatste 6 cijfers geselecteerd, dit resulteert in 17,109. Dit getal wordt vervolgens gedeeld door 60 om er decimale graden van te maken en opgeteld bij de 52 graden. Dit geeft als resultaat 52,28515 graden. Voor de lengtegraad gaat dit op dezelfde manier alleen wordt voor graden alleen het eerste getal geselecteerd. Voor lengtegraad 6.345.493 levert dit als uitvoer 6,57582167 op. Indien het format veranderd zal de formule de verkeerde cijfers uit het getal selecteren en een verkeerde uitvoer opleveren. Dit is ook gebeurd bij test meting twee.

Werkblad omzetten

De lengte en breedte graden hebben nu het format dd,dddd. Voor gebruik in Google Earth moet het scheidingsteken echter een punt zijn in plaats van een komma. Dit wordt aangepast op het werkblad "omzetten". Ook dit gebeurt weer door de selectie van cijfers op een bepaalde plek in het input getal. De cijfers voor en na de komma worden geselecteerd, daartussen wordt een punt geplaatst

Werkblad Google Earth data

Dit werkblad neemt de gegevens van het werkblad omzetten over en zet deze gegevens op de juiste plaats tussen code in de kml programmeertaal. Dit is de programmeertaal die gebruikt wordt in Google Earth. Daarnaast wordt het format van de lengte en breedte graad nog een keer aangepast. De lengte en breedte graad worden achterelkaar geplaatst in één cel met als scheidingsteken een komma, dit ziet er als volgt uit 6.575821,52.2851. Naast de lengte en breedte graad neemt dit werkblad ook de tijd over, elk geplot punt krijgt als naam de tijd van die meting. Tot slot neemt het werkblad de naam van de meting en geeft die naam aan de plot. Het werkblad is zo ingericht dat het geheel gekopieerd kan worden en in een kladblok bestand geplakt kan worden. Dit bestand dient vervolgens op geslagen te worden met de kml extensie.

1.3 Google Earth

De GPS gegevens kunnen nu geplot worden in Google Earth, dit is een kaartprogramma dat de gehele wereld weer kan geven. Voor het invoeren van de gegevens moet eerst Google Earth opgestart worden. Vervolgens kan het kladblok bestand met de .kml extensie geopend worden door hier op te dubbel klikken of het te openen vanuit Google Earth. De punten worden nu automatisch op de kaart geplot en verbonden door lijnen. In figuur 1-1 is een deel van de eerste testrit geplot. Daarnaast kunnen er nog verschillende lagen over het landschap gelegd worden met het programma. In onderstaand het figuur zijn de plaatsnamen als laag over het landschap getekend.



Figuur 1-1 Plot GPS metingen testrit

2 Uitvoering GPS metingen

In deze bijlage wordt de uitvoering van de test metingen en de echte metingen besproken. Eerst komen de uitgevoerde testmetingen aan bod, daarna de metingen zelf. Per werk wordt kort de locatie en omvang besproken. Vervolgens worden de planning en verwachtingen van de asfaltcoördinator besproken waarna de uitvoering van de werken behandeld wordt.

2.1 Test metingen

Voordat met het daadwerkelijke meten is begonnen zijn er verschillende tests gedaan om de werking van de loggers te testen. Daarnaast zijn de tests gebruikt om verschillende instellingen te testen. Hierdoor is bij de daadwerkelijke metingen tijd bespaard.

Testrit één.

Ten eerste is er een rit met een gewone auto getest. Toen deze rit vervolgens werd geplot in Google Earth bleek dat er nog enkele fouten in het bewerken van de gegevens in de Excel sheet zaten, de eerste metingen werden namelijk in de buurt van Indonesië geplot. Het bleek dat de conversie slag van NMEA gegevens naar lengte en breedte graad en vervolgens naar Google Earth gegevens enkele fouten bevatte. Zoals in bijlage één al is beschreven worden in Excel enkele bewerkingen toegepast die uitgaan van de lengte van een getal. Dit was verkeerd ingesteld waardoor de verkeerde nummers werden geselecteerd voor een bewerking. Hierdoor week de einduitkomst enorm af van de werkelijkheid. Nadat dit verbeterd was zat er echter nog steeds een afwijking van enkele tientallen kilometers tussen de metingen en de werkelijkheid. De eerdere verbeteringen waren wel goed maar hadden als gevolg dat de uitvoer van Excel ook was aangepast, deze was nu in graden en decimale minuten in plaats van in decimale graden. Google Earth werkt standaard met decimale graden dus klopte de input niet. Nadat deze fout hersteld was bleek de afwijking van de geplotte gegevens ten opzichte van de werkelijkheid circa tien meter. Dit is een afwijking die standaard in het GPS protocol zit. De nauwkeurigheid is voldoende voor de huidige toepassing maar door de onnauwkeurigheid neemt de bewerkelijkheid van het uitlezen van de gegevens wel een stuk toe. Als de wagen stilstaat, verspringen de gemeten punten namelijk nog wel. Hierdoor ontstaat er een puntenwolk rond de plek waar de wagen een tijdje stil staat. Dit maakt het plaatje onoverzichtelijk en er gaat veel meer tijd zitten in het uitzoeken hoe lang een vrachtwagen stil heeft gestaan.

Testrit twee.

Na de eerste test is er een test uitgevoerd met loggers in twee asfaltwagens op woensdag 3 juni. De test is met opzet kleinschalig gehouden om te voorkomen dat er teveel tijd in verkeerde metingen ging zitten. Er is begonnen met een werk aan de Siegersteeg in Vilsteren waar één asfaltrit heen is gegaan. Het asfalt werd geleverd door A.S.C. Stedendriehoek. Daarna hebben de vrachtwagens de asfaltset verplaatst naar de Teugseweg in Deventer. Hier zijn twee asfaltritten heen gegaan. Beide werken zijn uitgevoerd door DVI Oost.

Bij deze test zijn verschillende instellingen van de GPS loggers getest. Daarnaast kon er uit de testmetingen opgemaakt worden of met de metingen wel de benodigde informatie verzameld werd voor dit onderzoek. Standaard meten de loggers elke seconde hun locatie. Dit levert echter veel meer gegevens op dan nuttig is daarom is het interval van de loggers veranderd. Eén van de loggers was ingesteld op een interval van 15 seconden tussen de metingen en de andere op een interval van 30 seconden. Een korter interval betekent meer gegevens en daardoor een exactere bepaling van de tijdsduur van de verplaatsingen en de stilstand. Dit betekent echter ook dat er meer data verwerkt moet worden. Dit maakt de plots in Google Earth erg onoverzichtelijk, daarom is getest welk interval het beste is. Hieruit is gebleken dat bij een interval van 15 seconden de geplotte data in Google Earth zelfs bij ver inzoomen te druk is om goed uit te lezen, zie figuur 2-1. Het interval van 30 seconden levert nog steeds een erg vol beeld maar is een stuk beter hanteerbaar, zie ook figuur 2.2.

Voor de echte meting is dan ook het interval van 30 seconden gebruikt. Ook dan is de dichtheid nog erg hoog, zeker als er veel ritten gemeten worden, deze ritten worden dan namelijk over elkaar heen geplot. Daarom moet elke rit handmatig uit Excel geknipt en geplakt worden om apart in Google Earth geplot te worden. Dit is een bewerkelijk proces wat veel tijd in kost maar dit zorgt er wel voor dat het evalueren van de gegevens gemakkelijker en sneller gaat.



Figuur 2-1 Testrit 15 seconden Teugseweg Deventer

Voor al op de plekken waar de vrachtwagen stilstaat, wordt het plaatje erg onoverzichtelijk doordat de punten niet op één punt komen te staan maar verspreid over een gebiedje door de eerder genoemde afwijking in het GPS protocol. Hierdoor is het erg onduidelijk wanneer de auto precies stilstaat en wanneer hij nog beweegt of weer verder is gereden. Bovendien kost het uitzoeken erg veel tijd. Voor dit onderzoek is dit nog te overzien maar het gebruik van een boordcomputer is veel handiger. Voor een uitgebreider onderzoek waarbij meerdere werken worden beschouwd is een boordcomputer onmisbaar. Deze boordcomputer registreert verschillende zaken zoals aankomst en vertrek bij centrale en werk, en wanneer er geladen en gelost wordt. Daarnaast kan de boordcomputer de locatie van de vrachtwagen doorgeven aan de asfaltcentrale of een mobiele ontvanger op het werk. Voor praktijktoepassingen waarbij de logistiek actief beheerd wordt is een boordcomputer met GPS de enige optie.

Bij één van de loggers bleek na de test dat er een deel van de ochtendritten miste en bij de andere een stuk van de middag. Waarschijnlijk heeft de ene logger geen GPS fix gehad voor de vrachtauto ging rijden of is hij het signaal kwijtgeraakt. De andere is blijkbaar het signaal kwijt geraakt. De loggers lagen in een handschoenenvakje in de auto, blijkbaar is het signaal niet sterk genoeg om dan bij slechtere omstandigheden opgevangen te worden. Indien dit voor langere tijd zou gebeuren bij de echte metingen zouden deze onbruikbaar worden. Als er van één of meerdere vrachtwagens een deel mist dan is het totaal overzicht niet meer compleet. Dit zou het onderzoek behoorlijk kunnen vertragen aangezien de metingen alleen plaats kunnen vinden bij redelijk grote projecten waarbij de gehele dag gereden wordt met een aantal vrachtwagens.



2-2 Testrit 2 Deventer - Vilsteren

De planning van de metingen is dan ook afhankelijk van de asfaltplanning van Dura Vermeer. Daarom is er een oplossing gezocht om de ontvangst van de loggers te verbeteren. De loggers

moeten voor het raam van de vrachtwagen bevestigd worden met tape. Ook moeten de loggers ruim voor het gebruik opgestart worden zodat er een fix is voor ze worden verplaatst.

Daarnaast kon er uit de testmetingen opgemaakt worden of met de metingen wel de benodigde informatie verzameld werd voor dit onderzoek. Hieruit is gebleken dat de loggers alleen niet voldoende informatie opleveren. De gegevens zullen gecombineerd moeten worden met logboeken van de vrachtwagens en de spreidmachine. Dit is noodzakelijk vanwege de eerder genoemde afwijking in het GPS protocol. Door deze afwijkingen heeft het plaatsen van een logger op de spreidmachine geen zin. Deze rijdt namelijk zo langzaam dat niet valt op te maken of de machine stil staat of rijdt. Daarom zal dit in een logboek bijgehouden moeten worden. Ook van de vrachtauto's zal een logboek bijgehouden worden. Doordat deze vaak dicht bij de spreidmachine staan te wachten tot ze kunnen lossen valt uit de GPS gegevens namelijk niet altijd goed op te maken of ze staan te wachten of aan het lossen zijn. Daarom moet er per vrachtwagen een logboek bijgehouden worden. Een voordeel van deze logboeken is dat het tijdelijk wegvallen van een GPS signaal bij de loggers een minder groot probleem is. Aan de hand van de logboeken en de weegbonnen kunnen namelijk de tijden op het werk en de centrale terug gevonden worden.

2.2 Metingen

Er zijn bij verschillende werken metingen uitgevoerd. In deze paragraaf zal de specifieke informatie van elk werk behandeld worden. De metingen hebben plaatsgevonden op 18, 19 en 22 juni bij verschillende werken van DVI regio Oost. Deze werken vonden plaats bij respectievelijk de N46 ringweg Groningen in de buurt van het Eemskanaal, bij de weg De Dole in Witmarsum, op de Piter Terpstrawei in Leeuwarden en op industrieterrein de Hemmen in Sneek.

Zoals eerder aangegeven is er gewerkt met een meetinterval van 30 seconden. Naast de GPS gegevens zijn ook logboeken van de vrachtwagens en de spreidmachine bijgehouden. Voor de vrachtwagens zijn de aankomsttijd op het werk, de start van het lossen en het vertrek van het werk bij gehouden, daarnaast zijn eventuele bijzonderheden vermeld. Van de spreidmachine zijn de momenten waarop hij stilstond bijgehouden samen met de reden daarvan en eventuele opmerkingen.

Bij de asfaltset rijden twee vaste vrachtwagens die de set ook verplaatsen op diepladers. Deze rijden eerst naar het werk met de asfaltset en vervolgens naar de centrale om asfalt te laden. De overige ingehuurde wagens rijden meteen naar de centrale om te laden. De vaste wagens nemen aan het eind van de dag de asfaltset ook weer mee.

Op de asfaltcentrale zijn de GPS loggers uitgedeeld aan de vrachtwagens. Zodra alle vrachtwagens voorzien waren van een GPS logger zijn de metingen op de bouwplaats gestart. Hier was dan meestal al begonnen met asfalteren. Op het werk zijn de logboeken voor de vrachtwagens en de spreidmachines bijgehouden. De GPS loggers zijn na de laatste asfaltrit van de vrachtwagens weer ingenomen. Daarna zijn de gegevens s'avonds uitgelezen en opgeslagen op de computer, ook zijn de loggers weer opgeladen zodat ze de volgende dag weer ingezet konden worden. De metingen zijn over het algemeen goed verlopen. De transporteurs waren vooraf gebeld met de vraag of het goed was dat er een GPS logger mee werd gegeven. Dit was geen enkel probleem en de chauffeurs vonden het ook prima. Bij de asfaltcentrales konden de GPS loggers ingeschakeld worden in de kantine.

Doordat de metingen op de bouwplaats pas konden starten nadat de laatste auto zijn GPS logger had gekregen, ontbreekt het eerste deel van het asfalteren in de logboeken van de spreidmachines. Voor de vrachtwagens is dit door de GPS gegevens niet het geval. De metingen zijn verder goed verlopen. Een punt van aandacht was wel dat door aanpassingen in de hoeveelheden asfalt van te voren niet vaststond hoeveel ritten een vrachtwagen moest rijden. Het was dus belangrijk om goed in de gaten te houden wanneer een vrachtwagen klaar was en de GPS logger ingenomen moest worden.

Groningen

In de provincie Groningen is de N46 opnieuw geasfalteerd. Het deel dat is geasfalteerd is onderdeel van de ringweg rond Groningen in de buurt van de brug over het Eemskanaal. Dit is een tweebaansweg met vier rijstroken, een tussenberm en op- en afritten. Het verkeer is over één rijbaan geleid. Zodoende konden de twee rijstroken van de andere rijbaan tegelijk geasfalteerd worden. Dit werk is gedurende meerdere dagen uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd op 18 juni. Deze dag werd er namelijk circa 700 ton asfalt verwerkt, op de andere dagen werd er minder asfalt verwerkt en was het uitvoeren van metingen minder interessant. Daarnaast werd er op deze dag met twee asfaltsets en nog een derde spreidmachine geasfalteerd wat mogelijk anders gegevens op kon leveren dan de werken met één asfaltset. Er zijn voor het transport van asfalt negen vrachtwagens gebruikt. Deze zijn op één na allemaal voorzien van een GPS logger. Daarnaast is er voor alle vrachtwagens en de spreidmachines een logboek bijgehouden zoals hierboven is beschreven. De tijden voor de vrachtwagen zonder logger zijn bijgehouden in het logboek, de laadtijd is hierbij afgelezen van de weegbonnen.

Verwachtingen

De planning en verwachtingen voor het werk in Groningen waren als volgt. Het werk betrof het asfalteren van een deklaag over een deel van de N46 ringweg Groningen. De rijbaan zelf werd met twee asfaltspreidmachines geasfalteerd. Daarnaast zaten er een op- en afrit in het werk, deze werden geasfalteerd door een derde machine. Het asfalt is geleverd door A.P.W. in Westerbroek. De afstand van de centrale naar het werk was slechts 13.1 kilometer en ongeveer 20 minuten rijden. Toch is er voor gekozen om relatief veel vrachtwagens in te zetten. Enerzijds natuurlijk omdat er met drie spreidmachines gewerkt werd. Anderzijds omdat het een deklaag betrof waarbij warm in warm gewerkt moest worden voor de kwaliteit. Hierdoor was de verwachting dat een vrachtwagen wel eens een kwartier tot een half uur stil zou moeten staan wachten, dit werd op de koop toe genomen. De derde machine had niet een volle ploegbezetting maar alleen een machinist. Deze machine werd alleen gebruikt voor het asfalteren van een afrit, oprit en invoegstrook. Er werd verwacht dat er een kleine 700 ton gebruikt zou worden en dat elke vrachtauto's drie a vier ritten per stuk zou moeten doen.

Uitvoering

De planning was dat er om zeven uur drie volle auto's op het werk zouden zijn. Twee chauffeurs hadden zich echter verslapen waardoor er maar één aanwezig was. De start van het asfalteren is daardoor bijna drie kwartier vertraagd. Een vrachtwagen die om zeven uur geladen werd bij de centrale en om half acht op het werk werd verwacht heeft twee uur lang stil gestaan wegens een defect. Vanaf negen uur heeft deze wagen weer meegereden. Daarnaast was er nog een wals defect, dit heeft op de uitvoering van het asfalteren echter geen invloed gehad.

Toen eenmaal begonnen was met asfalteren was de aanvoer van asfalt ondanks deze opstartproblemen groot genoeg. Dit kwam doordat begonnen werd op de brug over het Eemskanaal, hier ontbrak een vluchtstrook en hoefden dus maar twee machines aan het werk. Daarbij moest na het brugdek opnieuw opgesteld worden door de machines. De derde machine heeft achter het brugdek een half uur gedraaid om een kort stukje van een afrit te asfalteren. Daarna heeft deze machine weer lange tijd stilgestaan. Deze machine is pas weer begonnen te draaien aan het eind van de oprit naar de N46 aan de andere kant van het viaduct. De andere tweemachines hebben continu doorgewerkt tot het einde van het te asfalteren wegvak. Zie ook figuur 2-3, hierin is de gele lijn spreidmachine 1, de blauwe machine 2 en de rode lijn is machine 3. Het werk is van rechts naar links uitgevoerd, de onderbreking van alle drie de lijnen is het beweegbare deel van de brug.



Figuur 2-3 Bewegingen van de spreidmachines in Groningen

De rit van en naar de centrale was erg kort, zelfs in de ochtendspits duurde de totale rit van en naar de centrale maar tussen de vijftig en zestig minuten. Tot het moment dat de derde machine weer mee ging draaien, aan het begin van de invoegstrook, was er dan ook continu een voorraad asfalt op het werk. Deze bedroeg twee a drie volle auto's die stonden te wachten. Vanaf het moment dat de derde machine mee ging draaien om half elf slonk deze voorraad. Om kwart over elf was er geen voorraad meer was en de lossende auto voor spreidmachine één leeg was. Deze spreidmachine heeft toen een kwartier op asfalt moeten wachten. Totaal is er 660 ton asfalt verwerkt op deze dag. Er zijn voor het werk negen vrachtwagens ingezet, dit was één meer dan in eerste instantie was gepland. Van deze wagens hebben twee auto's twee ritten gemaakt en de overige auto's hebben drie ritten gemaakt.

Vrachtwagen acht en negen hebben geen GPS logger gehad omdat er maar zeven loggers beschikbaar waren. De tijden van deze vrachtwagens zijn bijgehouden aan de hand van de logboeken en de weegbonnen.

Bij het uitlezen van de GPS loggers bleek verder dat de gegevens van vrachtwagen één niet volledig waren. Op basis van het logboek en de weegbonnen kon de belangrijkste informatie alsnog verzameld worden. De defecte logger is bij de volgende metingen niet meer gebruikt. De samengevatte gegevens staan in bijlage 3 en 4.

Witmarsum

Op 19 juni is de weg De Dole in Witmarsum voorzien van een onderlaag. Dit betrof een nieuwe weg in een nieuwbouwwijk. Er is circa 404 ton asfalt verwerkt door één asfaltset. Er zijn zes vrachtwagens ingezet, deze zijn op één na allemaal voorzien van een GPS logger. Daarnaast is er voor alle vrachtwagens en de spreidmachines een logboek bijgehouden zoals hierboven is beschreven.

Verwachtingen

Dit werk betrof het asfalteren van een onderlaag. Doordat het rechte wegen betrof met enkele haakse bochten was de verwachting dat er redelijk snel gewerkt zou kunnen worden. Bij de bochten moest wel een paar keer opnieuw opgesteld worden maar de rest was rechteuit. Doordat het om een onderlaag ging zou er redelijk dik geasfalteerd worden en zou de spreidmachine met circa zes meter per minuut werken. Dit betekent dat de verwerkingssnelheid van de asfaltset hoog zou zijn. Ondanks de grote afstand naar de centrale waren er echter slechts vijf vrachtwagens gepland. Verwacht werd dat de spreidmachine een paar keer een tijdje stil zou moeten staan, dit werd niet als een probleem gezien omdat het een onderlaag betrof. Het inzetten van een extra vrachtwagen brengt meer kosten met zich mee dan het stilzetten van de asfaltset was de gedachte. De afstand tot de centrale was bij dit werk bijna 80 kilometer en de verwachting was dat de vrachtwagens daar ongeveer een uur over zouden doen. Aangezien er circa 375 ton asfalt gepland was werd er verwacht dat de vijf vrachtwagens elk drie keer zouden moeten rijden.

Uitvoering

De derde wagen bij de centrale kreeg te horen dat hij een wals weg moest brengen elders in het land. Deze auto is daarom na de eerste asfalttrit vertrokken. Daarom is er een extra auto bijgekomen om het totaal weer op vijf te brengen. Deze auto was daardoor niet voorzien van een GPS logger, de tijden zijn bijgehouden met de logboeken en de weegbonnen. Deze auto is aangegeven als nummer zes in de resultaten.

Dit werk betrof het aanbrengen van een onderlaag, aangezien continuïteit van de asfaltset hierbij veel minder belangrijker wordt geacht werkte de spreidmachine met een snelheid van zes meter per minuut. Dit terwijl de afstand naar de asfaltcentrale relatief groot was en er maar vijf auto's ingezet werden, de rit van of naar de centrale bedroeg een uur. In de spits en bij ander oponthoud duurde dit nog langer. De werksnelheid van de asfaltset werd wel omlaag gehaald door het feit dat de machine een paar keer opnieuw op moet stellen bij de haakse bochten in het werk. Toch heeft de asfaltset een paar keer lang stil moeten staan omdat er geen asfalt voorradig was op het werk. Dit kwam ook doordat het tussen half elf en half één erg druk was bij de centrale. De vrachtwagens die op dat moment bij de centrale aankwamen hebben gemiddeld vijftig minuten moeten wachten voor ze geladen werden. Hierdoor was er tussen 11:35 en 12:35 geen asfalt op het werk. Vooral later op de dag kwam het vaak voor dat er langere tijd geen asfalt was doordat de auto's steeds meer in golven achter elkaar aan kwamen, dit is te zien in de logboeken in bijlage 3 en 4.



Figuur 2-4 verdampende regen op warm asfalt in Witmarsum

Tijdens de uitvoering zijn er een paar regenbuien geweest, vooral s'ochtends voor het werk heeft het hard geregend. Doordat het om een onderlaag ging hoefde er niet gekleefd te worden en was dit geen probleem. Daarnaast behoud een dikke laag zijn warmt goed, daardoor vormde regen tijdens het asfalteren geen probleem zolang er gedraaid werd. Op de momenten dat het regende terwijl er ook lange tijd geen asfalt voorradig was is dit, door de afkoeling, wel nadelig geweest voor de kwaliteit. Dit was onder andere het geval toen er geen asfalt was tussen 13:37 en 14:04. In figuur 2-4 is te zien hoe de regen verdampt op het warme asfalt. Er is deze dag 404 ton asfalt vervoerd. De samengevatte gegevens staan in bijlage 3 en 4.

Leeuwarden en Sneek

Op 22 juni zijn enkele wegvakken van de Piter Terpstrawei in Leeuwarden opnieuw geasfalteerd. Het betrof een eerder aangelegde weg op een industriegebied. Hier waren enkele wegvakken uitgefreesd. Daarna is de asfaltset verplaatst naar Sneek, hier is op het terrein van een garagebedrijf op industrieterrein de Hemmen asfalt aangelegd. Er is één asfaltset ingezet voor beide werken. In Leeuwarden zijn zes vrachtwagens ingezet welke allemaal voorzien zijn van een logger. Na de verhuizing naar Sneek van de asfaltset zijn er nog twee extra vrachtwagens ingezet, deze hadden geen logger. De tijden voor de vrachtwagens zonder logger zijn bijgehouden in de logboeken, de laadtijd is hierbij afgelezen van de weegbonnen. In Sneek is het terrein rond een nieuw garagebedrijf geasfalteerd. Doordat dit asfalt nauwelijks belast gaat worden in vergelijking met een gewone weg

volstaat het aanbrengen van slechts twee lagen. Het werk in Leeuwarden is laat ingepland waardoor de verwachtingen voor het werk in Sneek bijgesteld moesten worden.

Verwachtingen

Bij de laatste meting werd er in Leeuwarden en Sneek gewerkt. Er is deze dag op twee plekken geasfalteerd door de asfaltploeg. Dit had als gevolg dat de asfaltset tussen de twee werken verplaatst moest worden. Eerst stond alleen het werk in Sneek ingepland, het werk in Leeuwarden is er later bijgekomen. Dit had als gevolg dat de eerder verwachte 640 ton in Sneek waarschijnlijk niet gehaald ging worden.

In Leeuwarden betrof het een deklaag over een gefreesd stuk asfalt. Er waren verschillende vakken uitgefreesd op een bestaande weg die opnieuw geasfalteerd moesten worden. Er zijn zes auto's ingezet. Aangezien er circa 225 ton asfalt verwerkt moest worden was het de verwachting dat de eerste auto's twee ritten zouden moeten rijden. De twee auto's die de asfaltset verplaatsten hoefden naar verwachting niet een tweede keer asfalt te halen en konden dan na het lossen wachten tot de asfaltset klaar was om deze naar Sneek te verplaatsen. De afstand tot de asfaltcentrale was 25 kilometer en de rit duurde naar verwachting een half uur. Wel moest een paar kilometer door de stad gereden worden, dus de ochtendspits was een mogelijke invloed op de rijtijd. Toch was de verwachting dat er door de korte afstand weinig stilstand zou zijn. Dit moest ook aangezien het een deklaag betrof.

Het werk in Sneek betrof het aanleggen van een onderlaag rond een garage bedrijf. Dit asfalt krijgt weinig belasting in vergelijking met een gewone weg. Rondom het gebouw zullen alleen personenauto's komen te staan. Op het terrein voor de garage zullen wel vrachtwagens komen maar veel minder frequent dan op een gewone weg. Daarom zijn er maar twee lagen aangelegd. Vanwege de tijd die het verplaatsen van de asfaltset kost was het de verwachting dat het werk in Sneek niet helemaal af zou komen. Er zou de volgende dag verder gewerkt worden. De auto's die geen tweede keer hoefden te laden in Leeuwarden zouden bij de centrale wachten tot ze naar Sneek konden gaan. Ook waren er voor Sneek twee extra vrachtwagens ingepland waarmee het totaal op acht kwam. De afstand van de centrale tot het werk was 60 kilometer en de rit duurde naar verwachting een uur. Ondanks deze langere rit werd verwacht dat de stilstand beperkt zou blijven door de extra auto's

Uitvoering

Op deze dag is er op twee plekken geasfalteerd. Er is begonnen in Leeuwarden met zes vrachtwagens, de twee vaste wagens hebben de asfaltset naar Leeuwarden gebracht. Deze auto's hebben daardoor als laatste geladen bij de centrale. Hierdoor hoefden ze niet terug naar de centrale voor een tweede rit en konden ze meteen de asfaltset opladen zodra deze klaar was. Van de andere vier auto's moesten er twee terug naar de centrale voor een tweede rit. Totaal is er 218 ton asfalt verwerkt in Leeuwarden.

Daarna is de asfaltset opgeladen en naar Sneek gebracht. De auto's die geen tweede rit naar Leeuwarden hoefden te halen hebben bij de centrale een uur gewacht tot ze richting Sneek konden. Daarnaast zijn er voor het werk in Sneek twee extra auto's ingezet. Dit had tot gevolg dat toen de asfaltset om 11:30 weer begon te draaien er al vijf volle wagens stonden te wachten. Dit was de rest van de dag terug te zien doordat de auto's steeds in golven aankwamen. Tussen deze golven was er geen asfalt op het werk en moest de asfaltset stilstaan. Dit werd nog eens versterkt doordat de omlooptijd aan het eind van de dag toenam door de opkomende spits. Omdat het een vrij dikke onderlaag betrof werd er ondanks deze stilstand toch snel gewerkt door de spreidmachine. Tussen de golven moest dan ook vaak lang gewacht worden op asfalt.

Aan de voorkant van het gebouw hing het dak deels boven het werk. Aangezien een vrachtwagen daaronder niet kon kippen moest de spreidmachine aan de kant van het gebouw erg breed draaien. Aangezien de vijzel niet verlengd is was de kans op ontmenging daar groter. In Sneek is er deze dag

435 ton asfalt verwerkt, hiervoor hebben vier vrachtwagens drie ritten gemaakt en de andere vier hebben twee ritten gemaakt.

Bij het uitlezen van de GPS loggers bleek opnieuw dat de gegevens van één van de loggers vrachtwagen onvolledig waren. Gelukkig konden ook deze gegevens aangevuld worden met het logboek en de weegbonnen.

3 Gegevens GPS metingen

In deze bijlage staan de verwerkte gegevens van de GPS loggers. Deze gegevens zijn volgens het proces dat in bijlage één besproken is bewerkt waardoor er plots ontstonden van de ritten van de vrachtwagens. Uit deze plots is vervolgens de tijdsduur van de verschillende activiteiten afgelezen en verwerkt in tabel 3.2, 3.3 en 3.4 Er is gekozen voor deze gedistilleerde weergave aangezien de uitvoer van de GPS loggers honderden meetpunten bevat met als uitvoer GPS coördinaten en een tijd. Deze uitvoer is niet interessant, ook het weergeven van de plots is niet interessant aangezien er alleen informatie uit te halen is als er erg sterk wordt ingezoomd. In tabel 3.1 is een voorbeeld van de uitvoer van de GPS loggers gegeven, één regel is één meetpunt. Ook is van elk van de drie metingen is een overzicht plot van één vrachtwagen afgebeeld in hoofdstuk zes, zie figuren 6.2, 6.3 en 6.5. Aangezien de logboeken van de vrachtwagens grotendeels dezelfde informatie bevatten zijn deze samengevoegd met de GPS gegevens. Van het werk in Groningen zijn van vrachtauto 1,8 en 9 geen of onvolledige GPS gegevens en zijn er dus minder gegevens. Hetzelfde geldt voor wagen 6 bij het werk in Witmarsum en wagen 7 en 8 bij het werk in Leeuwarden en Sneek. Deze gegevens zijn voor zover mogelijk bepaald uit de logboeken en de weegbonnen van de vrachtwagens.

Protocol , Tijd, breedtegraad, , lengtegraad
\$GPGGA,043100.000,5310.3157,N,00641.4235,E,0,04,1.0,70.8,M,,,,0000*36
\$GPGGA,043130.000,5310.3152,N,00641.4216,E,1,04,1.0,72.6,M,,,,0000*3C
\$GPGGA,043200.000,5310.3264,N,00641.4550,E,1,05,1.0,42.1,M,,,,0000*3A
\$GPGGA,043230.000,5310.3268,N,00641.4595,E,1,05,1.0,44.0,M,,,,0000*3B
\$GPGGA,043300.000,5310.3287,N,00641.4620,E,1,04,1.0,37.6,M,,,,0000*36
\$GPGGA,043330.000,5310.3287,N,00641.4629,E,1,04,1.0,37.7,M,,,,0000*3D

Tabel 3-1 Uitvoer GPS loggers

3A samengevoegde gegevens

In deze bijlage staan de samengevoegde gegevens van de GPS metingen en de logboeken van de vrachtwagens. Uit de geplotte gegevens van de GPS gegevens zijn tijden voor de verschillende activiteiten bepaald voor elke vrachtwagen. Deze zijn toegevoegd aan de logboeken en in onderstaande schema's verwerkt.

Vrachtwagens Groningen

Wagen / rit	Asfalt laden	vertrek centrale	aankomst werk	Start lossen	einde lossen	vertrek werk	aankomst centrale
wagen 1							
rit 1	6:40		7:05	8:14	8:26		
rit 2	8:49		9:14	9:22	9:46		
rit 3	10:09		10:34	10:58	11:18		
wagen 2							
rit 1	6:51	6:55	9:26	9:41	9:57	10:04	10:32
rit 2	10:38	10:45	11:11	11:21	11:40	11:50	
wagen 3							
rit 1	6:55	7:12	7:38	8:20	8:39	8:47	9:11
rit 2	9:12	9:21	9:39	10:07	10:21	10:27	10:53
rit 3	10:55	10:58	11:12	11:21	11:31	11:41	
wagen 4							
rit 1	6:58	7:01	7:22	7:48	7:55	8:00	8:19
rit 2	8:21	8:26	8:47	9:22	9:31	9:40	10:00
rit 3	10:02	10:05	10:26	10:59	11:10	11:17	
wagen 5							
rit 1	7:05	7:12	7:35	8:16	8:19	8:24	8:42
rit 2	8:48	8:51	9:17	9:48	10:07	10:13	10:31
rit 3	10:37	10:32	10:53	10:59	11:17	11:24	
wagen 6							
rit 1	7:08	7:12	7:36	8:16	9:20	9:21	9:40
rit 2	9:45	9:49	10:13	10:30	10:54	10:56	11:15
rit 3	11:18	11:23	11:38	11:46	11:55	12:02	
wagen 7							
rit 1	7:16	7:25	7:53	8:24	8:49	8:52	9:15
rit 2	9:20	9:25	9:43	10:10	10:30	10:32	
rit 3	11:01		11:28	11:32	11:44	11:50	
wagen 8							
rit 1	7:31		7:55	8:56	9:12		
rit 2	9:39			10:27	10:41		
rit 3	11:05		11:25	11:30	11:47		
wagen 9							
rit 1	7:38		8:00	8:53	9:21		
rit 2	9:49		10:12	10:35	10:57		

Vrachtwagens Witmarsum

wagen/rit	laden centrale	vertrek centrale	aankomst werk	start lossen	einde lossen	vertrek werk	aankomst centrale
vrachtwagen 1							
rit 1	6:01	6:03	7:04	7:15	7:37	7:41	8:42
rit 2	8:43	8:47	9:46	9:48	10:04	10:11	11:06
rit 3	11:54	11:58	12:55	12:58	13:08	13:14	
vrachtwagen 2							
rit 1	6:28	6:30	7:42	7:43	7:49	7:53	8:55
rit 2	9:03	9:07	10:07	10:08	10:16	10:21	11:20
rit 3	12:02	12:05	13:07	13:11	13:17	13:22	
vrachtwagen 3							
rit 1	6:48	6:51	7:50	7:52	8:01	8:06	
vrachtwagen 4							
rit 1	6:52	6:58	7:57	8:05	8:21	8:32	9:37
rit 2	9:40	9:47	10:44	11:12	11:35	11:41	12:43
rit 3	12:48	12:53	13:52	14:03	14:08	14:15	
vrachtwagen 5							
rit 1	6:53	6:58	7:57	8:27	8:32	8:37	9:32
rit 2	9:35	9:38	10:44	10:45	11:10	11:15	12:23
rit 3	12:27	12:32	13:28	13:31	13:36	13:56	
vrachtwagen 6							
rit 1	8:19		9:30	9:31	9:38		10:42
rit 2	11:35		12:31	12:34	12:44		13:46
rit 3	13:49		14:50	14:53	15:07		

Vrachtwagens Leeuwarden en Sneek

Wagen / rit	laden centrale	vertrek centrale	aankomst werk	start lossen	einde lossen	vertrek werk	aankomst centrale
vrachtwagen 1							
rit 1	6:22	6:24	6:54	7:44	7:58	8:04	8:40
rit 2	8:45	8:48	9:20	9:55	10:10	10:15	----
rit 3			11:00	11:30	11:33	11:39	12:33
rit 4	12:35	12:39	13:27	13:22	13:51	13:38	14:37
rit 5	14:41	14:50	16:17	16:19	16:29	16:38	
vrachtwagen 2							
rit 1	6:31	6:32	7:03	7:59	8:07	8:12	8:47
rit 2	8:50	8:53	9:24	9:36	9:52	9:58	10:28
rit 3	10:30	10:33	11:26	12:18	12:24	12:28	13:21
rit 4	13:22	13:24	14:16	14:38	14:59		
vrachtwagen 3							
rit 1	6:51	6:56	7:34	8:07	8:14	8:20	8:54
rit 2	10:05	10:11	11:00	11:35	11:40	11:45	12:37
rit 3	12:42	12:45	13:39	13:57	14:09	13:39	
vrachtwagen 4							
rit 1	6:55	7:10	7:51	8:20	8:43	8:46	9:20
rit 2	10:17	10:22	11:20	11:48	12:03	12:08	13:00
rit 3	13:01	13:05	14:01	14:13	14:22	14:26	15:24
rit 4	15:26	15:29	16:39	16:42	16:48	17:00	
vrachtwagen 5							
rit 1	7:26	7:30	8:10	8:52	9:10	10:38	
rit 2			11:13			11:20	12:12
rit 3	12:14	12:16	13:09	13:21	13:30	13:35	14:27
rit 4	14:28	14:31	15:25	15:39	15:53		
Deze wagen heeft de asfaltset naar Sneek gebracht tijdens rit 2							
vrachtwagen 6							
rit 1	7:35	7:38	8:15	9:11	9:28	10:27	
rit 2			11:02			11:13	12:04
rit 3	12:06	12:15	13:08	13:14	13:20	13:26	14:17
rit 4	14:19	14:22	15:24	15:25	15:38	16:03	
Deze wagen heeft de asfaltset naar Sneek gebracht tijdens rit 2							
vrachtwagen 7							
rit 1	10:28	10:31	11:20	12:06	12:16	12:23	13:11
rit 2	13:14	14:17	14:11	15:02	15:12	15:19	
vrachtwagen 8							
rit 1	10:11		11:00	11:42	11:46	11:51	12:49
rit 2	13:00		13:56	14:29	14:36	14:45	

3B Vrachtwagens gesorteerd op aankomsttijden.

In deze bijlage staan de aankomsttijden van de vrachtwagens gesorteerd op de aankomsttijd. Per werk zijn de gegevens uit de vorige bijlage gesorteerd op aankomsttijd. Op deze manier zijn de gaten die tussen de aankomende vrachtwagens vallen goed te zien.

Groningen

Wagen	Aankomst	Interval
1	7:05	
4	7:22	0:17
5	7:35	0:13
6	7:36	0:01
3	7:38	0:02
7	7:53	0:15
8	7:55	0:02
9	8:00	0:05
4	8:47	0:47
1	9:14	0:27
5	9:17	0:03
2	9:26	0:09
3	9:39	0:13
7	9:43	0:04
9	10:12	0:29
6	10:13	0:01
8	10:20	0:07
4	10:26	0:06
1	10:34	0:08
5	10:53	0:19
2	11:11	0:18
3	11:12	0:01
8	11:25	0:13
7	11:28	0:03
6	11:38	0:10

Witmarsum

Wagen	Aankomst	Interval
1	7:04	
2	7:42	0:38
3	7:50	0:08
4	7:57	0:07
5	7:57	0:00
6	9:30	1:33
1	9:46	0:16
2	10:07	0:21
4	10:44	0:37
5	10:44	0:00
6	12:31	1:47
1	12:55	0:24
2	13:07	0:12
5	13:28	0:21
4	13:52	0:24
6	14:50	0:58

Leeuwarden en Sneek

Wagen	Aankomst	Interval
1	6:54	
2	7:03	0:09
3	7:34	0:31
4	7:51	0:17
5	8:10	0:19
6	8:15	0:05
1	9:20	1:05
2	9:24	0:04
Verplaatsen naar Sneek		
1	11:00	
3	11:00	0:00
6	11:02	0:02
5	11:13	0:11
4	11:20	0:07
7	11:20	0:00
2	11:26	0:06
6	13:08	1:42
5	13:09	0:01
1	13:27	0:18
3	13:39	0:12
4	14:01	0:22
7	14:11	0:10
2	14:16	0:05
6	15:24	1:08
5	15:25	0:01
1	16:17	0:52
4	16:39	0:22

N.B. het interval is berekend ten opzichte van de voorganger.

Bij de eerste aankomst in Sneek van vrachtwagens 5 en 6 waren deze leeg, deze vrachtwagens brachten de asfaltset.

4 Logboeken

In deze bijlage staan de logboeken van de spreidmachines. Van deze machines is van elke stilstand bijgehouden wanneer deze voorkwam, hoelang deze duurde en waardoor deze ontstond.

Het is duidelijk te zien dat er bij het werk in Groningen is ingezet op continuïteit van de spreidmachines. Zeker vergeleken met de andere twee werken komt er zeer weinig stilstand voor die het gevolg was van slechte logistiek. De momenten dat er wel stilstand voorkomt zijn te herleiden naar problemen eerder op de dag. Deze zijn behandeld in hoofdstuk zes.

Logboek Spreidmachine: Groningen

Spreidmachine: Asfaltploeg Beuningen

Start stilstand	Einde stilstand	Opmerkingen
aankomst werk	8:16	Bij beweegbaar brugdeel aangekomen, opstellen andere kant
8:30	8:40	Opnieuw opstellen
11:45		Einde werk

Spreidmachine: Asfaltploeg Enter

aankomst werk	8:24	Bij beweegbaar brugdeel aangekomen, opstellen andere kant
11:16	11:31	Geen asfalt, daardoor draait de set vervolgens steeds een eind achter de andere twee aan
11:48		Einde werk

Spreidmachine: Extra machine

aankomst werk	8:17	Geen vluchtstrook, dus maar 2 spreidmachines in gebruik
12:05		Einde werk

Logboek Spreidmachine:**Witmarsum**

Start stilstand	Einde stilstand	Opmerkingen
Aankomst werk 7:55	8:07	Geen asfalt
8:10	8:12	Opstellen haakse bocht
8:15	8:17	Opstellen haakse bocht
8:19	8:22	Opstellen haakse bocht
8:24	8:26	Opstellen haakse bocht
8:34	9:31	Lange tijd geen asfalt
9:41	9:50	Geen asfalt
9:51	9:56	Opstellen haakse bocht
10:06	10:09	Geen asfalt
10:17	10:46	Geen asfalt
10:54	11:08	Einde weg, opnieuw opstellen
11:22	11:35	Einde weg, opnieuw opstellen
11:35	12:35	Lange tijd geen asfalt
12:42	12:45	Opstellen haakse bocht
12:48	12:50	Einde weg, opnieuw opstellen
12:51	12:59	Geen asfalt klein beetje regen
13:17	13:33	Geen asfalt
13:37	14:04	Geen asfalt en regenbui
14:08	14:55	Lange tijd geen asfalt
15:09		Einde werk

Logboek Spreidmachine:**Leeuwarden en Sneek**

Start stilstand	Einde stilstand	Opmerkingen
Aankomst werk	8:18	geen asfalt
8:21	8:22	opstellen
8:24	8:30	opstellen
8:37	8:41	opstellen
8:45	8:52	geen asfalt
8:59	9:04	Putten in de weg
9:16	9:22	Einde weg, opstellen
9:32	9:36	Einde weg, opstellen
9:43	9:46	Einde weg, opstellen
10:01	11:00	Verplaatsen asfaltset naar Sneek
11:00	11:31	Aankomst in Sneek tot start van het werk
12:04	12:01	opstellen
12:11	12:07	opstellen
12:25	13:14	Geen asfalt
13:22	13:28	opstellen
13:38	13:44	opstellen
14:23	14:29	geen asfalt
15:12	15:25	geen asfalt
15:53	16:19	geen asfalt
16:29	16:40	geen asfalt
16:29		einde werk

5 Gegevens project Zestienhoven

In deze bijlage staan de verzamelde gegevens van het project Zestienhoven. Deze gegevens zijn ingevoerd in Excel. Indien bekend is van de ritten de aankomsttijd op het werk ingevoerd. Daarnaast is op basis van de bekende gegevens de tijd tussen vertrek van de centrale en de aankomst op het werk, de tijd tussen de aankomst op het werk en aankomst op de centrale en de totale omlooptijd berekend. Hiertoe zijn de ritten gesorteerd op respectievelijk het kenteken, de datum en de tijd van inweging. Zodoende kon de vertrektijd van de centrale van de volgende aankomsttijd op de centrale afgetrokken worden en de cyclustijd berekend worden. Vervolgens zijn de gegevens gesorteerd op datum en tijd zodat de verschillen in duur van activiteiten voor een bepaald deel van de dag bekeken kunnen worden. Deze gegevens zijn in bijlage 5 onderzocht op opvallende zaken.