

TRUCKS ON TRACK



**Optimalisatie binnen de asfaltwegen-
bouw door inzicht in de asfaltlogistiek.**

Colofon

Titel: Trucks on Track
Subtitel: Optimalisatie binnen de asfaltwegenbouw door inzicht in de asfaltlogistiek.

Instelling: Universiteit Twente, faculteit Construerende Technische Wetenschappen, opleiding Civiele Techniek, afdeling Bouwprocesmanagement

Afstudeercommissie: Prof.Dr.Ir. A.G. Dorée, intern begeleider en voorzitter
Ir. S.R. Miller, intern begeleider
Ir. M. Oosterveld, extern begeleider

Student: Ing. R. Koppenhagen
Studentnummer: S0152781
Email: r.koppenhagen@student.utwente.nl

Rapport

Onderdeel: Afstudeeronderzoek
Versie: Definitief
Datum: 24 juni 2010
Omvang rapport: 74 pagina's (+ 80 pagina's bijlagen)

Contactgegevens:

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Drienerlolaan 5
7522 NB Enschede

Postadres:
Postbus 217
7500 AE Enschede

Tel: (053) – 489 91 11
Fax: (053) – 489 20 00

BAM Wegen BV.
Technologie & Ontwikkeling
Winthontlaan 28
3526 KV Utrecht

Postadres:
Postbus 2419
3500 GK Utrecht

Tel: (030) - 2876876
Fax: (030) – 2876809

UNIVERSITEIT TWENTE.



Samenvatting

Door de veranderende marktomstandigheden in de Nederlandse bouwsector worden bouwbedrijven gedwongen zich meer te verdiepen in product- en procesverbetering. Binnen de asfaltverwerking heeft de asfaltlogistiek een grote invloed op de kwaliteit (product) en de efficiëntie (proces). Gezien de noodzaak om het proces te verbeteren is de volgende doelstelling geformuleerd:

Het doen van aanbevelingen op het gebied van de planning en voorspelling van de asfaltlogistiek door onderzoek te doen naar de verplaatsing van de vrachtwagens tussen de productie- en verwerkingslocatie.

Binnen het onderzoek wordt de planning en voorspelling van de asfaltlogistiek verbeterd door de toepassing van simulaties. Een eerste stap bij het ontwikkelen van het simulatiemodel is al gezet binnen het onderzoek van Boenders (2008).

Allereerst is er onderzocht welke factoren de logistieke cyclus beïnvloeden gedurende de werkdag. Uit een literatuur en praktijk studie (observaties en interviews) is gebleken dat de transporttijd hoofdzakelijk beïnvloedt wordt door de afstand/route, files en het rij- en rusttijdenbesluit. Daarnaast heeft de asfaltverwerking ook een grote invloed op de logistieke cyclus in de vorm van wacht- en lostijden. Deze worden beïnvloedt door de snelheid van de ASM (asfaltspreidmachine), de capaciteit van de asfaltset en de projecteigenschappen. Uit de interviews is gebleken dat de invloed van de AC (asfaltcentrale) minimaal is (m.u.v. de laadtijd).

Binnen de volgende stap in het onderzoek is er dieper in gegaan op simulaties, de simulatiesoftware en het simulatiemodel. Simuleren is het nabootsen van de werkelijkheid, om zo het gedrag van het proces te kunnen onderzoeken en te beschrijven.

Er is gebruik gemaakt van EZStrobe een eenvoudig maar toch krachtig softwarepakket gericht op het simuleren van bouwprocessen (Martinez, 1998). De duur van de processtappen worden gebaseerd op statistische verdelingen, hierdoor wordt het stochastische effect meegenomen binnen de simulaties.

Om de juiste statistische verdelingen te verkrijgen zijn er gegevens verzameld op verschillende asfaltprojecten. Deze gegevens zijn verzameld m.b.v. GPS dataloggers en vervolgens statistisch geanalyseerd.

Er is gebruik gemaakt van een simulatiemodel dat ontwikkeld is door Boenders (2008), het bestaande model is geanalyseerd en vervolgens zijn er de volgende verbeteringen aan het simulatie model doorgevoerd:

- Verbetering van de start van logistieke cyclus bij de AC;
- Toevoeging van het rij- en rusttijdenbesluit;
- Toevoeging van de activiteit schoonmaken;
- Toevoeging van de asfaltverwerking op basis van de snelheid en capaciteit van de asfaltset (hierdoor is het mogelijk de toepassing van de Shuttle Buggy te simuleren); en
- Registratie van de stilstand van de ASM.

Er zijn simulaties uitgevoerd op basis van de projecten die geanalyseerd zijn binnen de dataverzameling. Op basis hiervan kan het volgende geconcludeerd worden:

- Om stilstand van de ASM te voorkomen (kwaliteitsuitgangspunt bij het plannen) is het noodzakelijk om minimaal één vrachtwagen meer in te zetten t.o.v. productiviteitsuitgangspunt (alleen gericht op het behalen van de tonnen).
- Het aantal vrachtwagens dat benodigd is (het aantal vrachtwagens dat daadwerkelijk ingezet is tijdens de dataverzameling) wordt op basis van het balansuitgangspunt vaak overschat;
- Verkorten van de doorlooptijd, vereist de inzet van meer vrachtwagens;
- Vaak ontstaan onnodig hoge wachttijden op de verwerkingslocatie doordat de vrachtwagens aan het begin van de werkdag vlak na elkaar geladen worden. Strakke organisatie hiervan kan leiden tot een verhoging van de efficiëntie.

Het simulatiemodel is zeer goed bruikbaar voor de planning van de asfaltlogistiek. Met behulp van het model kan er middels een iteratief proces gezocht worden naar een optimale uitvoering. Het optimum dient gezocht te worden door de input (aantal vrachtwagens, capaciteit asfaltset en verwerkingstijd) te wijzigen en op basis van de output te beoordelen op het optimum bereikt is. Belangrijk bij dit planningsproces is de juiste statistische verdeling voor de duur van de activiteiten, de verdeling dient dan ook bepaald te worden op basis van een flowchart ontwikkeld in dit onderzoek.

Voor de nauwkeurigheid van het simulatiemodel is de juiste statistische verdeling van essentieel belang. Het advies is om regelmatig nieuwe data te verzamelen om de statistische basis actueel te houden. Er dient gebruik gemaakt te worden van GPS -data van de transporteur. Hierdoor kan objectieve en nauwkeurige data vergaard worden die vervolgens statistische geanalyseerd moet worden.

De bouwsector is een traditionele sector waar veel activiteiten uitgevoerd worden op basis van gevoel en ervaring, tegenwoordig zijn er steeds meer technologische ontwikkelingen op de markt die kunnen helpen bij het verbeteren van de administratie, kwaliteit en voorspelbaarheid. In het kader van dit onderzoek is de focus gelegd op applicaties t.b.v. de logistieke cyclus. Uit de analyse van de beschikbare toepassingen is gebleken dat de volgende toepassingen bruikbaar zijn voor de voorspelling van de logistieke cyclus: eRoutes (weegbonnen), Pavelog (uitvoeringsparameters) en GPS -data (voortgangsregistratie logistiek). Aannemers maken gebruik van ingehuurde vrachtwagens, waardoor er uit praktische overwegingen geen gebruik gemaakt kan worden van GPS -data.

Er is echter nog geen applicatie die bruikbaar is voor de voorspelbaarheid van de logistieke cyclus gericht op de asfaltverwerking. Het advies is dan ook om een applicatie te ontwikkelen dat het simulatiemodel en diverse ICT -applicaties (o.a. Pavelog en eRoutes) integreert en zo een voorspelling maakt van de aankomsttijd op verwerking- en productielocatie. Op basis van deze verwachtingen kan het proces aangepast worden op de huidige situatie, hierdoor wordt de kwaliteit van het eindproduct verbeterd en kan het materieel optimaal ingezet worden.

Het simulatiemodel wat in het kader van dit onderzoek ontwikkeld is kan dus op dit moment al gebruikt worden voor de planning van de asfaltlogistiek. Als vervolgens een ICT -applicatie ontwikkeld wordt, kan dit systeem de kwaliteit en productiviteit van het asfaltverwerkingsproces nog verder optimaliseren.

Summary

Performance contracting and longer guarantee periods are forcing contractors to focus more on product and process improvements. In the Hot Mix Asphalt (HMA) paving process, transport logistics has a significant influence on the efficiency of the process and the quality of the HMA product. In order to improve the process, we formulated the following research goal:

To make recommendations in planning and forecasting HMA logistics, by studying the movements of the trucks between the production plant and the construction site.

The goal is to improve the planning and prediction of HMA logistics using simulations. This is an extension of the HMA logistics research conducted by Boenders (2008).

The first step in this research is an analysis of the factors influencing the logistics during the daily operations. A literature review, observations and structured interviews shows that the transport time is influenced by the distance/route, traffic congestion and driving and rest legislation. Also, the paving process influences the logistics in the form of waiting and unloading times. These, in turn, are influenced by the speed of the paver, the paver capacity (including a material transfer vehicle) and the project properties. The influence of the asphalt production plant on the logistics is minimal (except for the loading times).

The next step is an analysis of the simulations, the simulation software and the existing simulation model. Simulations are an imitation of reality that enables complex processes to be described and analyzed.

In this research, EZStrobe, a simple yet powerful software package developed to simulate construction processes (Martinez, 1998), is used to simulate the complex HMA logistics process. The duration of activities are based on statistical distributions that take into account the stochastic effect inherent in construction operations. Data was collected at several construction sites using GPS data loggers and then a statistical analysis was performed to obtain the appropriate distributions

The simulation model developed by Boenders (2008) is used as a starting point. After an analysis of the generic model, the following improvements are implemented:

- Modeling the start of the logistics at the production plant more accurately;
- Adding the implications of the rest and driving legislation;
- Adding an activity for cleaning the truck;
- Adding the paving process based on the speed and the capacity of the spreader (including the usage of a material transfer vehicle);
- Registering the idle time of the paver;

Simulations were run for all the construction sites studied. Based on the simulation output, it is concluded that:

- To prevent the paver from stopping (Quality planning perspective), at least one extra truck is needed in the logistics cycle compared to the number of trucks needed from a production perspective (only focused on processing the right amount of ton of HMA)
- Planners often overestimate the number of trucks needed. The number of trucks needed from a balance perspective (average idle time < 15 minutes a day for a break) is often lower than the actual number of trucks needed;
- To shorten the workday, requires the deployment of extra trucks;

- Often unnecessary high waiting times occur at the construction site at the start of the daily HMA operations. The reason is that the trucks load shortly after each other at the production plant. Better planning at the production plant can lead to a reduction of waiting times at the paver.

This project specific simulation model is useful for planning HMA logistics. Simulations can be used to find an optimum deployment of machinery. This can be found through an iterative process, where the simulation input (number of trucks, paver capacity and processing time) is changed until an optimum is reached. It is important to use the appropriate statistical distribution for the activities. In this regard, a flowchart is developed to assist planners in choosing the appropriate distribution.

The accuracy of the simulation model depends on the usage of the appropriate statistical distribution. To keep the distributions current requires that new data be collected on a regular basis. To be able to collect accurate and objective data, the GPS –data of the carrier has to be used. This data needs to be analyzed statistically based on the process suggested in this research.

Nowadays there are many ICT applications on the market that can be used to help improve the administration, quality and predictability of HMA logistics. The analysis of the available applications showed that the following can be used for the predictability of HMA logistics: eRoutes (weighing vouchers), Pavelog (Paving parameters) and GPS –data (progress monitoring). Since contractors generally hire the trucks, it is difficult to access GPS data on the trucks. Besides that, not every truck is equipped with a GPS data logger.

A study of ICT application on the market showed that no tools have been developed that specifically deals with predicting truck whereabouts in HMA logistics. It is therefore recommended that an application be developed that integrates current ICT applications (e.g. eRoutes and Pavelog) with the simulation model. This new application needs to estimate the time of arrival of the trucks on the production plant and construction site. These estimations should allow real-time adjustment of the construction processes leading to improved product quality and efficient resource usage.

The overall conclusion is that the project specific simulation model in its current form can be used for the planning of HMA logistics. The next step needs to be the development of an integrated ICT application that enables the real-time monitoring of truck resources.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	II
Summary	IV
Inhoudsopgave	VI
Lijst van figuren	VIII
Lijst van tabellen.....	IX
Lijst van grafieken	IX
Voorwoord.....	X
1. Inleiding	1
1.1. Veranderende markt	1
1.2. Kwaliteit.....	1
1.3. Asfaltverwerkingsproces	2
1.4. Asfaltlogistiek.....	5
1.5. Technologie & ICT.....	6
1.6. Probleem- en doelstelling	7
1.7. Onderzoeksmodel.....	9
1.8. Onderzoeksvragen	10
1.9. Leeswijzer rapport.....	11
2. De asfaltlogistiek.....	12
2.1. Invloedsfactoren asfaltproductie op de asfaltlogistiek	12
2.2. Invloedsfactoren asfaltverwerking op de asfaltlogistiek.....	14
2.3. Invloedsfactoren op de logistieke cyclus.....	17
2.4. De verplaatsing van de vrachtwagens in de praktijk.....	20
2.5. Samenvatting en conclusies	29
3. Simulaties	30
3.1. Simulatie en EZStrobe algemeen	30
3.2. Beschikbare simulatie model.....	31
3.3. In- en Output simulatiemodellen	33
3.4. Verbeterpunten simulatiemodellen.....	34
3.5. Aangepaste simulatie model.....	38
3.6. Analyse van de simulatieresultaten.....	39
3.7. Simulatie output validatie.....	43
3.8. Samenvatting en conclusies	43
4. Bruikbaarheid simulatiemodel.....	45
4.1. Interface EZStrobe software	45
4.2. Planningsmethodiek.....	45
4.3. Aanbevelingen voor datavoeding.....	49
4.4. Samenvatting en conclusies	52
5. ICT -oplossingen voor de asfaltlogistiek.....	53
5.1. Eisen ICT -systeem.....	53
5.2. Analyse (beschikbare) ICT -systemen	54
5.3. Samenvatting en conclusies	60
6. Voorspelling van cyclustijden	62
6.1. Eisen voor de voorspelbaarheid.....	62

6.2.	ICT -toepassingen	63
6.3.	Simulatiemodel	64
6.4.	Ontwikkelingsproces	66
6.5.	Samenvatting en conclusies	66
7.	Conclusies & aanbevelingen	68
7.1.	Conclusies.....	68
7.2.	Eindresultaat	69
7.3.	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	70
8.	Literatuurlijst.....	71
9.	Bijlagen.....	74

Lijst van figuren

Figuur 1: Het lineaire asfaltverwerkingsproces NCAT(1996) geciteerd in Boenders(2008)	2
Figuur 2: Asfaltspreidmachine.....	3
Figuur 3: Krachten die op de balk werken tijdens het asfalteren (NCDOT, 2009).....	3
Figuur 4: het logistieke proces (Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007)	5
Figuur 5: Onderzoeksmodel	9
Figuur 6: Het logistieke proces (Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007).....	12
Figuur 7: Het lineaire asfaltverwerkingsproces NCAT(1996) geciteerd in Boenders(2008)	12
Figuur 8: Verdeling filedruk in verliesuren over de dag(KiM, 2008)	17
Figuur 9: Gedeeltelijk afgesloten rijbaan(Jiang, 2003).....	18
Figuur 10: Geheel afgesloten rijbaan (Jiang, 2003)	18
Figuur 11: Processtappen van logistieke proces(Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007).....	20
Figuur 12: Voorbeeld boxplot	22
Figuur 13: Mogelijke vormen beta distributie (Wikipedia, 2009).....	22
Figuur 14: AC en werkvak Aziëhavenweg te Amsterdam	25
Figuur 15: Werkvak A6 afrit 11 Lelystad -noord.....	26
Figuur 16: Route tussen ACB en A6.....	26
Figuur 17: Werkvak A10.....	27
Figuur 18: Route tussen ACB en A10.....	27
Figuur 19: Werkvak Bennekomsesteeg in Wageningen.....	27
Figuur 20: Route tussen ACN en A6	27
Figuur 21: EZStrobe model transport en ontvangen van asfalt in de praktijk(Boenders, 2008)	31
Figuur 22: Model asfaltcentrale	32
Figuur 23: Model transport	32
Figuur 24: Model ontvangen mix.....	33
Figuur 25: Overzicht in- en output.....	34
Figuur 26: Aangepast ACD Asfaltlogistiek	36
Figuur 27: Aangepast simulatie model	38
Figuur 28: Wijzigen tijdsduur activiteiten.....	45
Figuur 29: Wijzigen input variabelen.....	45
Figuur 30: Kwaliteitscirkel van Deming	46
Figuur 31: Flowchart distributies	48
Figuur 32: Normaal verdeling.....	48
Figuur 33: Voorbeeld Simulatie Output	49
Figuur 34: Overzicht van de werkzaamheden.....	55
Figuur 35: Voorbeeld van asfalt temperatuur.....	55
Figuur 36: Voorbeeld van eRoutes	56
Figuur 37: RFID -tag.....	57
Figuur 38: Proces met relevante informatie voor voorspelbaarheid.....	63
Figuur 39: Schema databronnen nieuwe ICT - applicatie.....	64

Lijst van tabellen

Tabel 1: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. A6	23
Tabel 2: Chi kwadraat -toets wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6	24
Tabel 3: Kritieke waarden voor χ^2 voor de wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6	24
Tabel 4: Projectgegevens	25
Tabel 5: Overzicht statistische distributies van de projecten	28
Tabel 6: EZStrobe elementen	31
Tabel 7: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van asfaltcentrale in de praktijk (Boenders, 2008)	32
Tabel 8: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van het transport in de praktijk (Boenders, 2008)	32
Tabel 9: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van ontvangen mix in de praktijk (Boenders, 2008)	33
Tabel 10: Definities in- en output	34
Tabel 11: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van de verbeterpunten	35
Tabel 12: Aanpassing simulatiemodel ACD en EZStrobe formaat	37
Tabel 13: Randvoorwaarden simulaties	40
Tabel 14: Aantal vrachtwagens aan de hand de simulaties	41
Tabel 15: Randvoorwaarden optimalisatie A6	42
Tabel 16: Resultaat optimalisatie A6	42
Tabel 17: Resultaten Shapiro-Wilk test A6	43
Tabel 18: Voor- en nadelen handmatig dataverzameling	50
Tabel 19: Voor- en nadelen softwarematige dataverzameling	50
Tabel 20: Voor- en nadelen dataverzameling m.b.v. GPS -gegevens	51
Tabel 21: Overzicht dataverzameling technieken	51
Tabel 22: Voorwaarden voor het bepalen van de statistische verdeling	52
Tabel 23: Beschikbare gegevens in Pavelog (Roadware, 2009a)	55
Tabel 24: Overzicht ICT -toepassingen	61
Tabel 25: ICT -toepassingen voor de voorspelbaarheid	63
Tabel 26: Voor- en nadelen reistijd databronnen	64
Tabel 27: Overzicht voor- en nadelen bestaande ICT en zelfvoedend	65

Lijst van grafieken

Grafiek 1: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale A6	23
Grafiek 2: Histogram wachttijden bij asfaltcentrale t.b.v. A6	24
Grafiek 3: Distribution-function differences plot wachttijden asfaltcentrale t.b.v. A6	24
Grafiek 4: Stilstand ASM	41
Grafiek 5: Productiviteit dag 1 A6 uitgevoerde werkzaamheden	41

Voorwoord

Voor U ligt het afstudeeronderzoek “Trucks on Track: Optimalisatie binnen de asfaltwegenbouw door inzicht in de asfaltlogistiek.” Dit onderzoek is uitgevoerd ter afronding van de opleiding Civil Engineering & Management, afstudeerrichting Bouwprocesmanagement aan de faculteit Construerende Technische Wetenschappen aan de Universiteit Twente.

Binnen de Universiteit Twente is er de laatste jaren meer aandacht besteed aan het uitvoeringsproces binnen de asfaltwegenbouw. Dit is geheel in lijn met de veranderingen binnen de bouwsector, waarbij meer aandacht aan procesverbetering gewenst is. Binnen dit rapport wordt er onderzoek gedaan naar de verbetering van de asfaltlogistiek door de toepassing van simulaties. Het onderzoek sluit dus goed aan bij de veranderende marktomstandigheden en de focus van de Universiteit Twente.

Graag wil ik van deze gelegenheid gebruik maken om een aantal mensen te bedanken. Allereerst Seirgei Miller en André Dorée voor hun begeleiding en commentaar vanuit de Universiteit Twente.

Daarnaast wil ik ook Marco Oosterveld bedanken voor de begeleiding van mijn onderzoek vanuit BAM Wegen bedanken. Uiteraard wil ook alle andere mensen binnen BAM Wegen bedanken voor hun medewerking aan mijn onderzoek, zonder deze mensen zou het niet mogelijk geweest zijn interviews af te nemen of gegevens te verzamelen op de diverse asfaltprojecten.

Als allerlaatste, maar zeker niet de minste belangrijke, wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun en adviezen gedurende mijn gehele studieperiode.

Breda, April 2010

Robbert Koppenhagen

1. Inleiding

1.1. Veranderende markt

In 2001 komt een grootschalige bouwfraude aan het licht in het programma Zembla. In dit programma doet namelijk de klokkenluider Ad Bos (een ex-werknemer van Koop Tjuchem) een boekje open, over de grootschalige kartelvorming die plaats vindt. De kartelvorming vindt nog steeds plaats, ondanks het feit dat sinds 1 januari 1998 de mededingingswet van kracht is, deze wet verbiedt de kartelvorming (Vulperhorst, 2005).

Sinds de bouwfraude is het vertrouwen van de opdrachtgevers ernstig geschaad en zijn er diverse initiatieven ondernomen om het bouw- en aanbestedingsproces op andere manier te organiseren. Een aantal van deze initiatieven is het invoeren van innovatieve contractvormen, zoals: D&C (Design & Construct) –contracten, DBFM (Design, Build, Finance and Maintenance) -contracten en PPS (Publiek Private Samenwerkingen) in de bouwsector. Rijkswaterstaat, de grootste opdrachtgever binnen de GWW –sector, heeft als doelstelling om zoveel mogelijk nieuwe projecten via innovatieve contracten uit te besteden. Een gevolg hiervan is dat er vaker contracten afgesloten worden voor een lange periode waarbij de opdrachtnemer vaak ook verantwoordelijk is voor het onderhoud gedurende de contractperiode, naast het ontwerp en de uitvoering van de werkzaamheden.

Door het gebruik van de innovatieve contracten ligt de focus minder op de laagste kostprijs (zoals in het verleden), maar meer op de kwaliteit van het product. Naast de nieuwe contractvormen zorgen sterkere concurrentie en de noodzaak tot onderscheiding t.o.v. de concurrentie ervoor dat de bedrijven zich gedwongen voelen zich te verdiepen in product- en procesverbetering (Miller and Dorée, 2008).

1.2. Kwaliteit

De kwaliteit van het product wordt steeds belangrijker voor de opdrachtgever, het is belangrijk dat er een duidelijke definitie voor kwaliteit wordt gehanteerd. Om tot een definitie te komen, zijn er meerdere definities bekeken, de belangrijkste kwamen van Garvin(1984) en Montgomery(2005). Volgens Garvin(1984) kan men vijf invalshoeken onderscheiden om kwaliteit te definiëren:

- Transcendente benadering vanuit de filosofie;
- Productgerichte benadering vanuit de economie;
- Gebruikers georiënteerde benadering vanuit economie, marketing en operation management;
- Productiegerichte benadering vanuit operation management; en
- Waardegerichte benadering vanuit operation management.

De transcendente benadering definieert kwaliteit als aangeboren uitmuntendheid, niet met zintuigen waarneembaar. Productgerichte benadering ziet kwaliteit als een meetbare variabele, die het niveau van een bepaald product of dienst reflecteert. Gebruikers georiënteerde benadering is er op gericht om te voldoen aan de eisen van de klant en de productiegerichte benadering ziet kwaliteit als voldoen aan voldoen aan de specificaties. Waardegerichte benadering is een bepaalde prestatie tegen een acceptabele prijs (Garvin, 1984).

Volgens Montgomery (2005) is een product georiënteerde manier van definiëren van kwaliteit meer een bevestigingsmethode van kwaliteit. Een betere definitie is volgens Montgomery: “Kwaliteit is omgekeerd evenredig met variatie.” Dit zie ik niet echt als een definitie van kwaliteit, echter meer een belangrijke voorwaarde om kwaliteit te realiseren. Binnen dit onderzoek wordt er gekeken hoe de efficiëntie binnen de asfaltlogistiek verbeterd kan worden. Een verbetering van de efficiëntie heeft uiteindelijk een verbetering van de functionele eigenschappen van het asfalt als resultaat.

Gezien de diverse definities die behandeld zijn, kan er geconcludeerd worden dat er geen eenduidige definitie van kwaliteit geformuleerd kan worden. In het kader van dit onderzoek sluit de productiegerichte definitie het beste aan bij de aard van dit onderzoek. Een goede definitie is dan: “Kwaliteit betekend voldoen aan eisen,” zoals geformuleerd in Garvin(1984).

1.3. Asfaltverwerkingsproces

Bouwprojecten zijn vaak als project uniek, maar de bouwmethoden die gebruik worden bij de realisatie van projecten zijn onder te verdelen in lineaire en non-lineaire methoden. Waarbij lineaire projecten vaak gebruik maken van cyclische of repeterende bouwmethoden, enkele typische voorbeelden hiervan zijn de aanleg van (snel)wegen, torenflats en tunnels (Asphalt-Institute, 1989; Halpin and Riggs, 1992). Een belangrijk kenmerk van een lineair proces is dat de activiteiten elkaar opvolgen, zonder de voorgaande activiteit kan een activiteit niet uitgevoerd worden. Zoals al aangegeven is de aanleg van (snel)wegen een lineair proces, dit proces bestaat dan weer uit cyclische of repeterende activiteiten (zie Figuur 1).



Figuur 1: Het lineaire asfaltverwerkingsproces NCAT(1996) geciteerd in Boenders(2008)

Uit de bovenstaande figuur is af te leiden, dat het asfaltverwerkingsproces een repeterend proces is waarbij het asfalt dat geproduceerd wordt bij een AC (asfaltcentrale) en wordt getransporteerd naar de verwerkingslocatie. Op de verwerkingslocatie wordt het asfalt aangebracht met behulp van een asfaltspreidmachine, vervolgens wordt het product verdicht met behulp van één of meer walsen(Asphalt-Institute, 1989; NCAT, 1996; VBW-Asfalt, 1996; Lavin, 2003; VBW-Asfalt, 2003).

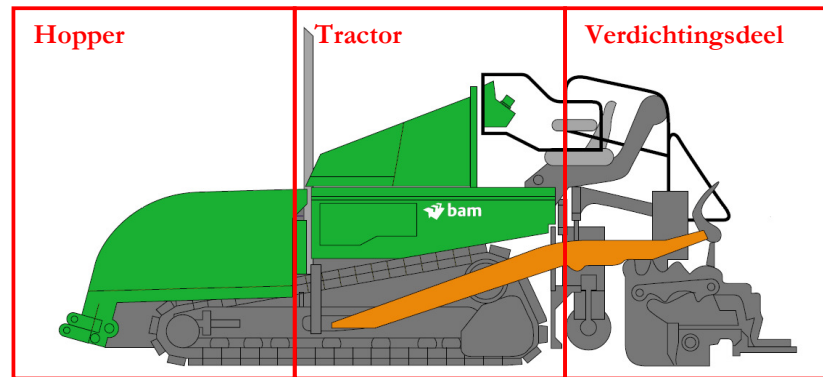
1.3.1. Asfalttransport

VBW-Asfalt(1996) geeft aan dat voor het asfalttransport gebruik wordt gemaakt van vrachtwagens die uitgevoerd zijn met geïsoleerde laadbakken en afsluitbaar zijn d.m.v. afsluitkleppen. Dit is noodzakelijk om de afkoeling van het mengsel gedurende het transport tot een minimum te beperken. Aannemers kiezen vaak voor een asfaltcentrale zo dicht mogelijk bij de verwerkingslocatie, omdat het transport een grote invloed heeft op de kwaliteit en de verwerkingskosten.

Als een vrachtwagen op het werk aan komt dient deze het asfalt te lossen in de asfaltspreidmachine of eventueel in een Shuttle Buggy. Een Shuttle Buggy is een extra machine die rijdt tussen de asfaltspreidmachine en de vrachtwagens in, deze mengt het asfalt dat afgeleverd wordt opnieuw wat de homogeniteit bevordert, daarnaast dient hij als buffer zodat de asfaltspreidmachine op een constante snelheid kan rijden(Beers and Mangnus, 2006; Beers and Burg, 2007). Het transportproces wordt verder uitgediept in paragraaf 1.4, in deze paragraaf worden de aspecten van de asfaltlogistiek in relatie tot het gehele asfaltverwerkingsproces toegelicht.

1.3.2. Verwerken van asfalt

De beste manier om asfalmengsel aan te brengen op de verwerkingslocatie door middel van een asfaltspreidmachine, deze kan namelijk het asfalt aanbrengen onder de juiste helling, afschot en laagdikte(Lavin, 2003). De asfaltspreidmachine bestaat uit twee delen, namelijk een tractor en een verdichtingsgedeelte. De belangrijkste taak van de tractor is het ontvangen, leveren en spreiden van het asfalmengsel en het voortbewegen van het verdichtingsdeel. Het ontvangen van het asfalt gebeurt in de hopper, een grote opvangbak die gemonteerd is op de tractor(zie Figuur 2).



Figuur 2: Asfaltspreidmachine

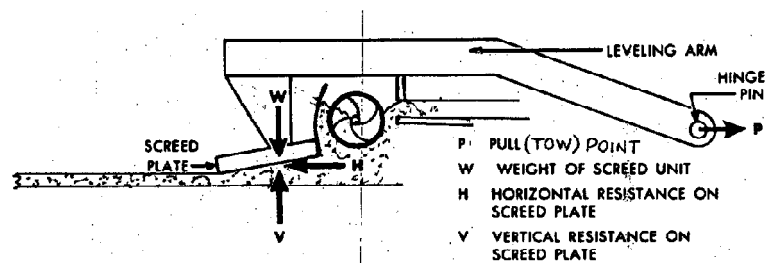
De belangrijkste taken van het verdichtingsdeel zijn volgens Lavin (2003):

- Het asfalt aanbrengen op de gewenste breedte, laagdikte en hoogte;
- Het op hoogte brengen, afvlakken en afdichten van het asfalt;
- Het aanbrengen van een afschot of hellingshoek; en
- Het aanbrengen van voorverdichting (80-85% van de theoretische maximale verdichting) (Asphalt-Institute, 1989; Lavin, 2003).

Als een vrachtwagen asfalt lost bij de asfaltspreidmachine is het van belang dat de vrachtwagen niet tegen de asfaltspreidmachine aanrijdt. Dit kan als gevolg hebben dat de spreidmachine terug geduwd wordt en dan oneffenheden in het asfalt veroorzaakt (Lavin, 2003; Beers and Mangnus, 2006).

Het is voor de vlakheid en kwaliteit van het asfalt van belang dat de asfaltspreidmachine niet stil komt te staan en een constante snelheid hanteert. Het gevolg van stilstand van de asfaltspreidmachine is dat als de werkzaamheden hervat worden er naden en onregelmatigheden ontstaan op de startplek. Als de spreidmachine te lang stilstaat, dient er een las gemaakt te worden, als de werkzaamheden weer hervat worden dient hiertegen gestart te worden (Asphalt-Institute, 1989; Jiang, 2003; Lavin, 2003; Beers and Mangnus, 2006; Groenendijk, Pangaard et al., 2007; Jordans, Verweij et al., 2007).

De asfaltspreidmachine dient op een constante snelheid voort te bewegen, dit heeft te maken met de voorverdichting van het verdichtingsdeel. Als de snelheid verhoogd wordt zal het asfalt minder lang onder invloed zijn van de krachten van het verdichtingsdeel en daardoor minder goed verdicht worden (NCAT, 1996). Beers & Mangnus (2006) geven aan dat het regelmatig voorkomt dat een asfaltspreidmachine langzamer gaat rijden, om zodoende te voorkomen dat de asfaltspreidmachine stil komt te staan. Ondanks het feit dat dit voorkomt dat de asfaltspreidmachine stil komt te staan, heeft dit nadelige effecten op de kwaliteit. Er werken namelijk diverse krachten op het verdichtingselement (zie Figuur 3), al deze verschillende krachten houden elkaar in evenwicht, waardoor het asfalt op de juiste manier aangebracht wordt (NCAT, 1996; Lavin, 2003).



Figuur 3: Krachten die op de balk werken tijdens het asfalteren (NCDOT, 2009)

1.3.3. Verdichten van asfalt

De verdichting van het asfalt is een belangrijk aspect binnen het asfaltverwerkingsproces waarmee de kwaliteit van het eindproduct beïnvloedt wordt. Zoals The Asphalt Institute(1980) aangeeft zorgt het verdichten van asfalt ervoor dat de wegverharding in staat is de verkeersbelasting over een maximale levensduur zo efficiënt mogelijk te verwerken.

Gedurende het verdichtingsproces wordt de ruimte tussen de mineralen geminimaliseerd, hierdoor is het contactoppervlak tussen de mineralen groter. De mineralen worden vervolgens met behulp van een bindmiddel op hun positie vast gezet. Door het asfaltemengsel te verdichten wordt de stabiliteit (de verwerking van de verkeersbelasting), samenhang en de weerstand tegen de weersomstandigheden verhoogd. Daarnaast zorgt het verdichtingsproces voor een glad rijoppervlak(VBW-Asfalt, 1996; Lavin, 2003).

De volgende aspecten beïnvloeden de kwaliteit die bereikt kan worden gedurende het verdichtingsproces:

- Asfaltemengsel eigenschappen;
- Uitvoeringsfactoren; en
- Weersomstandigheden.

Asfaltemengsel eigenschappen

Een asfaltemengsel bestaat mineralen (meestal steenslag, grind of zand) en bindmiddel (vulstoffen en bitumen). De eigenschappen van deze materialen hebben een grote invloed op de verdichting van het asfalt. The Asphalt Institute(1980) en Lavin(2003) geven aan dat een mineraal dat ruw oppervlak heeft lastig te verdichten is doordat deze moeilijker langs elkaar bewegen en een hogere korrelweerstand genereren. Ook de viscositeit van het mengsel is van belang voor de verdichtbaarheid van het asfalt, de viscositeit wordt hoofdzakelijk beïnvloedt door de toegepaste bitumen. Over het algemeen kan gesteld worden dat hoe hoger de viscositeit in een mengsel is hoe moeilijker het is om de streefdichtheid te bereiken. Het kan echter nodig zijn om de viscositeit te verhogen t.b.v. de samenhang tussen de mineralen of in warme klimaten(Asphalt-Institute, 1980).

De temperatuur van het asfalt heeft een grote invloed op het verdichtingsproces, in principe geldt hoe hoger de temperatuur van het asfalt, hoe makkelijker het kan worden verdicht. Te hoge temperatuur kan echter ook tot problemen leiden, zoals opstuwing naast de rol, dwarsscheuren, kleven van het mengsel aan de rol en wegzakken van de wals (VBW-Asfalt, 2003).

De tijd die beschikbaar is voor het verdichten wordt beperkt door de temperatuur van het asfalt, in de literatuur worden twee verschillende ondergrenzen genoemd namelijk 60 °C (VBW-Asfalt, 2003) en 80 °C (Asphalt-Institute, 1989; Lavin, 2003). Onder deze grens zal het niet meer mogelijk zijn om het asfalt te verdichten. De bovengrens ten behoeve van het verdichten ligt tussen de 130 – 170 °C (Lavin, 2003). De onder- en bovengrenzen zijn afhankelijk van het soort asfaltemengsel, Lavin en The Asphalt Institute geven niet aan op basis van welk mengsel de bovengenoemde boven- en ondergrenzen gebaseerd zijn.

Het is dus van belang om het mengsel te verdichten voordat het mengsel de ondergrens bereikt heeft, de afkoeling van het mengsel wordt door diverse factoren beïnvloedt. Weersomstandigheden zijn een belangrijke factor (hierover verderop in deze paragraaf meer), maar ook de laagdikte heeft een grote invloed op de afkoeling. Doordat een dikke laag de warmte langer vasthoudt heeft men meer tijd beschikbaar om de benodigde dichtheid te behalen, het is dus noodzakelijk om het materieel (gewicht wals en/of aantal walsen) aan te passen aan de laaigeenschappen(Asphalt-Institute, 1980).

Uitvoering

Het verdichten gebeurt nadat de asfalspreidmachine het asfaltmengsel aangebracht heeft, het verdichten wordt gedaan met behulp van walsen. Er zijn verschillende type walsen, maar ze zijn grofweg onder te verdelen in drie typen: bandenwalsen, statische walsen met stalen wielen en trilwalsen met stalen wielen (VBW-Asfalt, 1996). Walskeuze is afhankelijk van het asfaltmengsel, de afkoelingssnelheid van het asfaltmengsel en de eigenschappen die de wals moet hebben (gewicht en snelheid).

In de literatuur (Asphalt-Institute, 1980; Asphalt-Institute, 1989; VBW-Asfalt, 1996; Lavin, 2003) wordt aangegeven dat het type en gewicht van de wals evenals het walspatroon en aantal overgangen een grote invloed hebben op het verdichtingsresultaat.

Weersomstandigheden

Het weer heeft een grote invloed op de afkoeling van het asfalt, hierdoor is dit een grote invloedsfactor op de verdichtingsresultaat van het asfalt. Door de afkoeling van het asfalt wordt de tijd die voor het verdichten beschikbaar is beperkt. De volgende weersinvloeden hebben een grote invloed op de afkoeling (Asphalt-Institute, 1980; Lavin, 2003): Temperatuur van de buitenlucht en onderlaag, windsnelheid en neerslag.

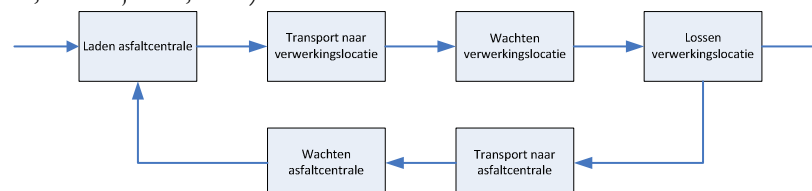
De temperatuur van de buitenlucht en de ondergrond hebben een grote invloed op de afkoeling van het mengsel. Door een lagere temperatuur zal het aangebrachte asfalt zijn warmte sneller afgeven en dus sneller afkoelen dan bij hogere lucht- en ondergrondtemperatuur (Asphalt-Institute, 1980).

Zoals The Asphalt Institute (1980) en Jordan en Thomas (1976), als geciteerd in Simons (2007), aangeven heeft de windsnelheid een grotere invloed op de afkoeling van asfalt dan de temperatuur van de buitenlucht en ondergrond. De invloed van wind is vooral groot op het bovenste deel van een laag. Gedurende het afkoelen van het asfalt wordt de lucht vlak boven de laag verwarmd, door wind wordt deze warme laag weggeblazen. Hierdoor worden de temperatuur verschillen groter en zal een mengsel sneller afkoelen.

Een goede verdichting van het asfalt is essentieel voor de levensduur en kwaliteit van een asfaltlaag. Eén van de belangrijkste factoren die de maximaal te behalen kwaliteit beïnvloedt is de temperatuur van het asfaltmengsel. Het is dus van groot belang dat het asfaltmengsel met de juiste temperatuur wordt afgeleverd op de verwerkingslocatie, zodat er voldoende tijd beschikbaar is om het mengsel goed te verdichten en de streefdichtheid te behalen.

1.4. Asfaltlogistiek

Onder de asfaltlogistiek valt in dit kader het transport van asfalt naar de verwerkingslocatie en terug naar de productielocatie. Het logistiek proces is net zoals het asfaltverwerkingsproces een repeterend proces, dit proces wordt weergegeven in Figuur 4. De vrachtwagen wordt geladen bij een asfaltcentrale, waarna deze vervolgens de vrachtbrief op dient te halen en naar de verwerkingslocatie rijdt. Als de vrachtwagens aangekomen zijn op de verwerkingslocatie komt het vaak voor dat deze nog moeten wachten voordat men kan lossen, de hoofdreden hiervoor is dat er nog andere vrachtwagens zijn die nog gelost moeten worden (Jordans, Verweij et al., 2007). Vervolgens lost de vrachtwagen zijn asfalt in de asfalspreidmachine (of eventueel een Shuttle Buggy), en vertrekt vervolgens weer naar de asfaltcentrale. Ook hier kan het voorkomen dat de vrachtwagen moet wachten voordat er begonnen kan worden met het laden van de vrachtwagen (Jordans, Verweij et al., 2007).



Figuur 4: het logistieke proces (Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007)

Steeds vaker wordt er een Shuttle Buggy gebruikt bij de uitvoering van asfalteringswerkzaamheden, deze machine zorgt ervoor dat het asfaltmengsel opnieuw gemengd wordt en heeft een bufferfunctie. Er is al veel onderzoek gedaan naar de effecten van het mengen van de Shuttle Buggy op de kwaliteit van het eindproduct (Brock, May et al., 1996; Brock and Jakob, 1998; Beers and Mangnus, 2006; CEDEX, Transport et al., 2006; Beers and Burg, 2007), echter over het effect van de bufferfunctie op de asfaltlogistiek nog weinig bekend. Al geeft Nassar(2003) wel aan dat de toepassing van een ATD (Asphalt Transfer Device) leidt tot een verhoging van de productiviteit, verlaging van de ontmenging en een vlakker wegdek. Het is echter niet duidelijk op basis waarvan Nassar deze uitspraak gedaan heeft, al is het wel aannemelijk dat de toepassing van een ATD of Shuttle Buggy de productiviteit bevordert. Dit komt omdat bij toepassing van een ATD de vrachtwagens sneller kunnen lossen en zo de wachttijden minimaal houdt. Door de bufferruimte binnen het proces kan de asfaltspreidmachine op constante snelheid functioneren en stopplaatsen voorkomen worden.

De asfaltlogistiek heeft in grote mate invloed op de productiviteit en de kwaliteit die gerealiseerd wordt bij een asfaltproject:

- De asfaltspreidmachine mag niet stil komen te staan tijdens de asfalteringswerkzaamheden. Mocht de asfaltspreidmachine wel stil komen te staan dan heeft dit negatieve gevolgen voor de kwaliteit en vlakheid van het eindproduct, er ontstaan dan naden/lassen in het werk, wat leidt tot zwakke plekken. Het is dus van belang dat er een continue stroom van aanvoer is, die afgestemd is op de snelheid van de asfaltspreidmachine;
- Het is van belang dat er een constante stroom aan asfalt aangevoerd wordt, want dan kan de asfaltspreidmachine een constante snelheid hanteren. Hierdoor oefent het verdichtingsdeel altijd evenveel kracht uit op het asfalt en wordt het krachtenevenwicht niet verstoord;
- De temperatuur van het asfalt is belangrijk voor de verwerking van het mengsel, vooral voor de verdichting is dit essentieel. Over het algemeen kan gezegd worden hoe warmer het mengsel aankomt bij de verwerkingslocatie, hoe meer tijd er beschikbaar is voor de verdichting van het mengsel (er is wel een temperatuur bovengrens welke afhankelijk is van het mengsel);
- Tijdens het logistieke proces gaat er vaak warmte verloren, een van de oorzaken is de gebrekkige isolatie van de vrachtwagens die gebruikt worden tijdens het transport (Brock, May et al., 1996; Henault, 1999; Ter Huerne, 2004; Wieringen and Hooghwerff, 2004; Beers and Mangnus, 2006; Groenendijk, Pangaard et al., 2007). Daarnaast neemt de temperatuur ook af bij goed geïsoleerde vrachtwagens, als een geladen vrachtwagen lang moet wachten op de verwerkingslocatie dan zal de temperatuur ook afnemen.
- Er worden vaak extra vrachtwagens ingezet om te voorkomen dat de asfaltspreidmachine stil komt te staan. Hierdoor staan er regelmatig meerdere vrachtwagens stil bij de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie, er dient dus een balans gevonden te worden tussen de productiviteit van de asfaltspreidmachine en de inzet van vrachtwagens (Jordans, Verweij et al., 2007; Boenders, 2008). Te veel wachttijden brengen extra kosten met zich mee, door de kwaliteit van het logistieke proces te verhogen zouden er extra kosten bespaard kunnen worden.

Het is onduidelijk welke factoren er meegenomen worden bij het maken van de logistieke planning, er is in de literatuur dan ook weinig te vinden over de asfaltlogistiek en de planning hiervan. In de asfaltwegenbouw gebeurt veel op basis van ervaring en gevoel (Dorée and Ter Huerne, 2004; Dorée and Huerne, 2005), dit is niet veel anders bij het maken van de logistieke planning. Wel is duidelijk dat het logistieke proces invloed uitoefent op de kwaliteit van het product en een belangrijke kostenfactor is tijdens het uitvoeringsproces.

1.5. Technologie & ICT

Het asfaltverwerkingsproces heeft de kenmerken van een ambacht: handelingen en instelling aan de machines door de asfaltploeg worden gebaseerd op basis van gewoonte, gevoel en ervaring (Dorée and Ter Huerne, 2004; Dorée and Huerne, 2005). Door verschillende ontwikkelingen op de markt zijn procesbeheersing en kwaliteit steeds belangrijker geworden binnen de asfaltverwerking. Voor een goede procesbeheersing is inzicht in het asfaltverwerkingsproces ech-

ter van groot belang, dit inzicht kan worden vergroot door de toepassing van een monitorings-systeem. De kern van het monitoringssysteem is een positiebepalingssysteem waarmee data uit het asfaltverwerkingsproces verzameld kan worden (Simons, 2007).

Het gebruik van ICT toepassingen binnen het asfaltverwerkingsproces is nog niet geheel geaccepteerd, omdat dit botst met het traditionele denken binnen de sector. Het personeel dat met de toepassingen moet werken geeft vaak veel weerstand tegen nieuwe technologische ontwikkelingen (Simons, 2007).

Er zijn diverse technieken beschikbaar voor de monitoring van het logistieke proces, doormiddel van GPS¹ (Global Positioning System) is het mogelijk om de coördinaten van het voertuig te verkrijgen en op te slaan. Een GPS systeem in combinatie met GPRS (General Packet Radio Service) is het mogelijk om de positie van een voertuig real-time weer te geven. GPRS zorgt hiervoor de dataverzending via het GSM netwerk. Binnen het onderzoek van Simonsson & Carlswärd (2005) is er een systeem gebruikt met de combinatie GPS en GPRS, hierbij zijn de wachttijden van de vrachtwagens zijn gemiddeld met 5 minuten verlaagd van 33 minuten naar 28 minuten.

Een andere techniek die gebruikt kan worden binnen de monitoring van het transport is door middel van RFID (Radio Frequency IDentification) technologie, waarbij op basis van radiogolven gegevens, die op een chip opgeslagen zijn, verzonden en ontvangen kunnen worden. Op basis van deze techniek kan onder andere de vertrek- en aankomsttijd van een vrachtwagen op een centrale en de verwerkingslocatie doorgegeven worden.

1.6. Probleem- en doelstelling

1.6.1. Probleemstelling

Uit het bovenstaande is gebleken dat het noodzakelijk is om meer inzicht te krijgen in de processen en deze te verbeteren. Binnen het asfaltverwerkingsproces is er sprake van kwaliteit verlies en een verlaging van de productiviteit doordat het logistieke proces niet optimaal functioneert.

De probleemstelling is als volgt geformuleerd:

Het is onduidelijk hoe de vrachtwagens zich verplaatsen gedurende de logistieke cyclus op een asfaltverwerkingsproject, hierdoor is het niet mogelijk om een optimale logistieke planning en voorspelling te maken waardoor er kwaliteit en productiviteit verloren gaat.

1.6.2. Doelstelling

Aan de hand van de probleemstelling (paragraaf 1.6.1) kan de volgende doelstelling geformuleerd worden:

Het doel van het onderzoek is het doen van aanbevelingen op het gebied van planning en voorspelling van de asfaltlogistiek door onderzoek te doen naar de verplaatsing van de asfaltvrachtwagens tussen de productie- en verwerkingslocatie.

¹ De GPS technologie is een eigendom van de Verenigde Staten, de technologie bepaalt de huidige positie van een ontvanger op basis van 24 satellieten die rond de aarde vliegen (Garmin, 2000; Hildreth, 2003).

1.6.3. Beoogd eindresultaat

Aan de hand van de probleemstelling en doelstelling beschreven in de twee voorgaande paragrafen is het beoogde eindresultaat gedefinieerd:

1. Aanpassen van bestaande EZStrobe –model;
2. EZStrobe –modellen maken voor bijzondere situaties;
3. Verbetering van statistische input voor de modellen;
4. EZStrobe –model bruikbaar maken voor de calculatie en werkvoorbereiding;
5. Inzicht geven in ICT –toepassingen die bijdragen aan de optimalisatie van het logistieke proces.

1. Aanpassen van bestaande EZStrobe –model

Het model dat beschikbaar is, is door Boenders(2008) ontwikkelt. Dit model dient als uitgangspunt voor het model binnen dit onderzoek, deze dient echter wel goed aan te sluiten op de uitvoeringspraktijk. Een van de eindresultaten van dit onderzoek dient te zijn dat het model op de uitvoeringspraktijk aansluit.

2. EZStrobe –modellen maken voor bijzondere situaties

Het huidige model (en de aanpassingen van het model in punt 1) zijn gericht op de standaard rechtlijnige asfalteringswerkzaamheden. De werkdruk wordt steeds hoger en de projecten steeds complexer, waardoor ook de uitvoering steeds minder standaard wordt. Als het werk afwijkt van de standaard werkmethode dan dient is het noodzakelijk dat het model ook beschikbaar gemaakt wordt voor bijzondere werksituaties.

3. Verbetering van statistische input voor de modellen

Binnen het onderzoek van Boenders(2008) zijn er gegevens verzameld, een van de aanbevelingen is om meer data te verzamelen. Dit is noodzakelijk omdat gesteld kan worden dat meer data de nauwkeurigheid ten goede komt. Door gebruik te maken van GPS –technologie is het mogelijk om meer inzicht te krijgen in het transport van asfalt, hierdoor is ook mogelijk om de data nauwkeuriger te krijgen.

4. EZStrobe –model bruikbaar maken voor de calculatie en werkvoorbereiding

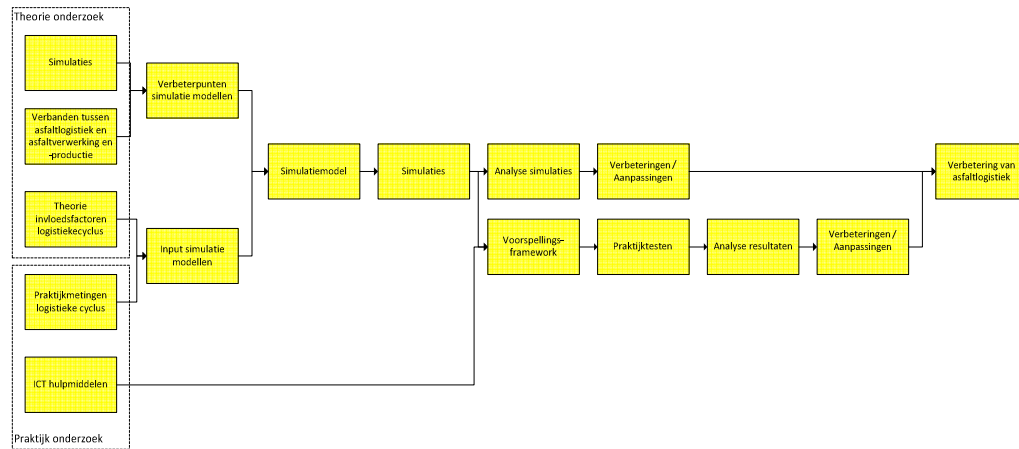
EZStrobe is een software add-in voor Microsoft Visio dat simulaties uitvoert op basis van statistische verdelingen. Aan de hand van deze verdelingen wordt de tijdsduur van de diverse processtappen bepaald. Om deze statistische verdeling te bepalen dienen een aantal statistische berekeningen uitgevoerd te worden. Deze berekeningen zijn te complex en nemen te veel tijd in beslag om in de dagelijkse praktijk te gebruiken bij het bepalen van het transport binnen de calculatie en werkvoorbereiding. Het is noodzakelijk om het model aan te passen en vorm te geven dat deze eenvoudig implementeerbaar is in de dagelijkse praktijk werkzaamheden.

5. Inzicht geven in ICT –toepassingen die bijdragen aan de optimalisatie van het logistieke proces

Binnen de wegebouw wordt er nog weinig gebruikt gemaakt van de (moderne) technologieën die op de markt zijn. Door gebruik te maken van de moderne technologieën kan het proces geoptimaliseerd worden, administratieve taken verminderd/vereenvoudigd worden. Het is dus noodzakelijk dat de ICT toepassingen die men tot beschikking heeft optimaal gebruikt en inzicht heeft in de mogelijkheden op dit gebied.

1.7. Onderzoeksmodel

In het onderzoeksmodel (zie Figuur 5) is weergegeven hoe het onderzoek uitgevoerd zal worden om zo aan de doelstelling te kunnen voldoen.



Figuur 5: Onderzoeksmodel

Er zal begonnen worden met een theoretisch onderzoek, dit deel dient als de basis voor de rest van het onderzoek. In deze fase van het onderzoek zal er aandacht besteedt worden aan de theorie over de verbanden tussen asfaltlogistiek en de asfaltverwerking en -productie, de invloedsfactoren op de logistieke cyclus en simulaties. Binnen de studie betreffende de simulaties zal het simulatie systeem (EZStrobe) en het simulatiemodel betreffende de asfaltlogistiek (Boenders, 2008) geanalyseerd worden.

De volgende fase van het onderzoek bestaat uit een praktijkonderzoek met betrekking tot de verplaatsing van de vrachtwagens gedurende de logistieke cyclus en de een praktijk onderzoek op gebied van de ICT –toepassingen die beschikbaar zijn voor asfaltverwerking. Het onderzoek naar de verplaatsing van de vrachtwagens dient ervoor om statistische input voor de simulaties op te stellen. De benodigde data zal verzameld worden met behulp van track-and-trace systeem van de transporteur van BAM Wegen Regio NoordWest. De aanpak van de dataverzameling is beschreven in paragraaf 2.4.1.

In de derde fase van het onderzoek dient de vergaarde kennis toegepast te worden ten behoeve van de planning en voorspelling van de asfaltlogistiek. Het doel hierbij is het verbeteren van de planning van het logistieke proces door de praktische toepassing van simulaties als planningstool. De belangrijkste aspecten bij de planning van de logistieke cyclus is het verkomen/minimaliseren van de stilstand van de asfaltspreidmachine, wachttijden van de vrachtwagens en ervoor zorgen dat de asfaltspreidmachine op een continue snelheid kan opereren. Daarnaast wordt gekeken hoe de resultaten van de simulaties gebruikt kunnen worden t.b.v. de voorspelbaarheid van de asfaltlogistiek gedurende de werkdag.

In de laatste fase van het onderzoek wordt de kennis die in de voorgaande fasen opgedaan is vertaald naar aanbevelingen en conclusies. Het is hierbij van belang dat de kennis op gebied van asfaltlogistiek vertaald wordt naar aanbevelingen voor de verbetering van de planning en voorspelling van de asfaltlogistiek die aansluit op de huidige praktijk en bruikbaar zijn binnen de huidige praktijk.

1.8. Onderzoeksvragen

Binnen dit hoofdstuk zullen de onderzoeksvragen behandeld worden die opgesteld zijn aan de hand van de probleem- en doelstelling (paragraaf 1.6) en het onderzoeksmodel (paragraaf 1.7). De onderzoeksvragen zijn die vragen die beantwoord dienen te worden in het onderzoek om zo tot een oplossing te komen van het probleem.

Centrale vraag 1:

Wat is de invloed van de diverse onderdelen van de asfaltlogistiek op de cyclustijden van de vrachtwagens?

Deelvragen:

- 1.1 Welke factoren beïnvloeden theoretisch gezien de cyclustijden van het asfalttransport?
- 1.2 Welke gegevens zijn er beschikbaar over deze invloedsfactoren op de cyclustijden?

Centrale vraag 2:

Hoe kunnen de bestaande simulatie modellen gebruikt worden voor het plannen en analyseren van het logistieke proces?

Deelvragen:

- 2.1 Welke aspecten van de logistieke cyclus zijn verwerkt in de huidige simulatie modellen?
- 2.2 Welke relatie bestaat er tussen de asfaltlogistiek en asfaltverwerking?
- 2.3 Welke relatie bestaat er tussen de asfaltlogistiek en asfaltproductie?
- 2.4 Wat is de statistische verdeling van de diverse onderdelen van de logistieke cyclus in de praktijk?
- 2.5 Hoe kunnen de beschikbare simulatie modellen verbeterd worden, zodat ze beter bruikbaar zijn voor de planning van de logistieke cyclus?

Centrale vraag 3:

Hoe kan men de cyclus tijden van de vrachtwagens voorspellen gedurende de uitvoering van de asfaltwerkzaamheden?

Deelvragen:

- 3.1 Welke (real-time) data bronnen zijn bruikbaar voor de voorspelling van de cyclustijden?
- 3.2 Hoe kan men de cyclustijden voorspellen met behulp van deze bronnen (deelvraag 3.1)?
- 3.3 Welke maatregelen kan men nemen in geval onvoorziene omstandigheden?

Centrale vraag 4:

Welke ICT –technologieën zijn er beschikbaar of in ontwikkeling die bijdragen aan de verbetering van de planning en voorspelling van het logistieke proces?

Deelvragen:

- 4.1 Aan welke eisen dient de ICT –technologie te voldoen?
- 4.2 Wat zijn de voor- en nadelen van deze systemen?
- 4.3 Op welke wijze dragen deze systemen bij aan de planning en voorspelling van het logistieke proces?

1.9. Leeswijzer rapport

In hoofdstuk 2 wordt op basis van de literatuur uiteengezet welke invloedsfactoren er zijn op de asfaltlogistiek. Daarnaast zal er aangegeven worden hoe de logistieke cyclus er in de praktijk uitziet door een praktijk onderzoek naar de logistieke cyclus op een viertal projecten.

Vervolgens zal in hoofdstuk 3 in gegaan op simulaties, er zal kort aangegeven worden wat de voor- en nadelen zijn van de toepassing van simulaties en de simulatiesoftware. Op basis van de kennis opgedaan in hoofdstuk 2 zal een bestaand simulatiemodel geanalyseerd en verbeterd worden. Ook zullen er simulaties uitgevoerd worden op basis van de projecten die geanalyseerd zijn in hoofdstuk 2.

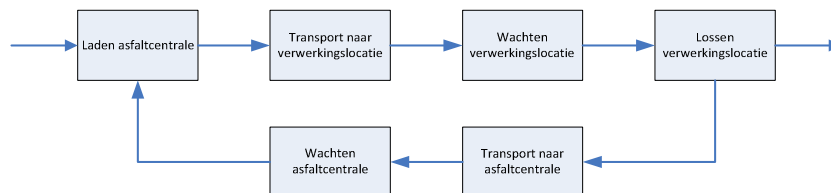
Aangezien het doel is om het simulatiemodel te gebruiken voor de planning van de asfaltlogistiek en deze methode afwijkt van de huidige planningsmethoden wordt er in hoofdstuk 4 aandacht besteed aan de praktische kant. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe het systeem gebruikt kan worden voor het planningsproces en hoe ervoor gezorgd kan worden dat data actueel blijft.

In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare ICT –toepassing gerelateerd aan de asfaltlogistiek en –verwerking. Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 onderzocht hoe de ICT –toepassingen gebruikt kunnen worden voor de voorspelling van de cyclustijden in combinatie met het simulatiemodel.

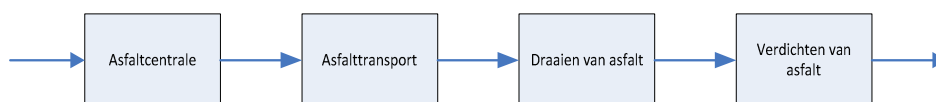
Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 de conclusies van dit onderzoek weergegeven en aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

2. De asfaltlogistiek

Binnen dit document zal naar de asfaltlogistiek gekeken worden zoals afgebeeld is in Figuur 6, de asfaltlogistiek maakt deel uit van het asfaltverwerkingsproces (zie Figuur 7). Er dient naar de asfaltlogistiek gekeken te worden om zo een beeld te krijgen hoe dit proces in elkaar steekt. Belangrijke zaken hierbij zijn, wat beïnvloedt de logistieke cyclus, wat is het effect van deze invloeden en hoe ziet de cyclus er in de praktijk uit? Daarnaast is het van belang dat er onderzoek gedaan wordt naar de verplaatsing van de vrachtwagens in de praktijk, deze gegevens zijn nodig ten behoeve van de voeding van de simulatiemodellen.



Figuur 6: Het logistieke proces (Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007)



Figuur 7: Het lineaire asfaltverwerkingsproces NCAT(1996) geciteerd in Boenders(2008)

De asfaltlogistiek omvat het laden van het asfalt bij de asfaltcentrale, het transport naar de verwerkingslocatie, het lossen van het asfalt op de verwerkingslocatie en de transport van de lege vrachtwagens naar de productielocatie. Binnen paragraaf 1.4 is het logistieke proces binnen de asfaltverwerking globaal beschreven. Nu zal er dieper ingegaan worden op de asfaltlogistiek en dan vooral gericht de relatie met de andere onderdelen met het asfaltverwerkingsproces, de invloedsfactoren op de logistieke cyclus en de verplaatsing van de vrachtwagens in de praktijk.

2.1. Invloedsfactoren asfaltproductie op de asfaltlogistiek

De asfaltcentrale is verantwoordelijk voor het produceren van het asfalt, binnen een asfaltcentrale worden de verschillende mengsels geproduceerd. De technische werking van het productieproces is niet relevant voor dit onderzoek, het is wel van belang welke invloed het productieproces heeft op het transport- en verwerkingsproces.

Binnen Nederland zijn de asfaltcentrales in het bezit van de aannemers, de aannemers proberen dan ook zoveel mogelijk asfalt af te nemen bij hun eigen asfaltcentrales. Het komt voor dat er meerdere eigenaren zijn binnen één asfaltcentrale. Als verschillende afnemers asfalt willen afnemen op het zelfde moment kan dit leiden tot conflicten (VBW-Asfalt, 2001).

Bij een asfaltcentrale wordt er pas asfalt geproduceerd als hiervoor opdracht is gegeven door de asfaltuitvoerder, vaak wordt er dan in de ochtend ruim voor aanvang van de werkzaamheden een voorraad aangelegd in de opslagsilo's van de asfaltcentrale. De capaciteit van de asfaltcentrale en de voorraadsilo's is afhankelijk van het type centrale. Door de beperkte houdbaarheid van het asfalt kan er pas op de dag zelf begonnen worden met het produceren van asfalt. Het is dus niet mogelijk om grote voorraden aan te leggen, dit brengt risico's met zich mee voor de rest van het asfaltverwerkingsproces.

De invloedsfactoren worden in deze paragraaf bestudeerd op basis van literatuur, gestructureerde interviews en observaties gedurende de dataverzamelingen. De observaties zijn niet gebaseerd op data maar op persoonlijke ervaringen, hierdoor kunnen de observaties onderhevig zijn aan subjectiviteit.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Productiecapaciteit van de asfaltcentrale.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

De productiecapaciteit en de hoeveelheid ingezette vrachtwagens dienen op elkaar afgestemd te worden. Mocht de asfaltcentrale de hoeveelheid vrachtwagens niet aankunnen dan leidt dit tot hogere wachttijden van de vrachtwagens bij de centrale. Hogere wachttijden voor de vrachtwagens kan leiden tot hogere variatie in het transportproces met gevolgen voor de productiviteit of stilstand van de asfaltspreidmachine.

Uit de interviews (zie Bijlage B) is gebleken dat ondanks het feit dat de productiecapaciteit de hoeveelheid asfalt die er verwerkt kan worden gedurende de werkdag beïnvloedt, dit geen grote invloedsfactor is op de wachttijd van de vrachtwagens. Dit komt omdat binnen het plannen van de logistieke cyclus er altijd rekening wordt met de capaciteit van de asfaltcentrale en dit voorkomt dat de productie te laag is. Op basis van de observaties wordt dit beeld bevestigd, er is geen wachttijd ontstaan bij de AC doordat de productiecapaciteit onvoldoende is.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Buffercapaciteit van de asfaltcentrale.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Een asfaltcentrale is uitgerust met meerdere geïsoleerde silo's, hier kan reeds geproduceerd asfalt opgeslagen worden. Hierdoor is het mogelijk om op een werkdag verschillende soorten asfalt te leveren en te voldoen aan vraag op de piekmomenten (als de vraag groter is dan de productiecapaciteit van de asfaltcentrale). De grote van deze buffer heeft invloed op de wachttijd van de vrachtwagens, bij een te kleine buffer in relatie tot de totale vrachtwagencapaciteit neemt de wachttijd toe en bij een grote buffer af.

Voor de buffercapaciteit van de asfaltcentrale is hetzelfde van toepassing als de productiecapaciteit. Uit de interviews (zie Bijlage B) is ook hier gebleken dat dit gedurende de uitvoering van de werkzaamheden geen wachttijd veroorzaakt. Dit komt doordat er rekening gehouden wordt met de buffercapaciteit van de asfaltcentrale. Ook hierbij geldt dat gedurende de dataverzamelingen geen vertragingen zijn gesignaleerd door een gebrek aan asfalt bij de AC.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Het kan voorkomen dat de asfaltcentrale meerdere projecten van verschillende aannemers moet bevoorraden, hierbij kan het voorkomen dat een project prioriteit eist/krijgt (VBW-Asfalt, 2001).

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Dit beïnvloedt de wachttijd van de vrachtwagens die moeten leveren aan de andere projecten, de wachttijd zal voor deze vrachtwagens toenemen. Hogere wachttijden voor de vrachtwagens kan leiden tot hogere variatie in het transportproces met gevolgen voor de productiviteit of stilstand van de asfaltspreidmachine.

Uit de interviews (zie Bijlage B) is gebleken dat de invloed van de vrachtwagens van andere projecten een grote invloed heeft op de wachttijden van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale. Dit probleem speelt vooral bij asfaltcentrales waarbij meerdere aannemers eigenaar zijn, aangezien het lastiger coördineren dan als alleen de BAM eigenaar is van de asfaltcentrale.

Uit de observaties is de beeld niet geheel te bevestigen, dit omdat gedurende de dataverzameling hoofdzakelijk projecten bezocht zijn in de regio NoordWest. De AC in deze regio is volledig eigendom van de BAM en hier speelt dit niet. Er is ook een project geanalyseerd waarbij geleverd is door de asfaltcentrale Nijkerk (ACN), hier zijn wel enige wachttijden gesignaleerd. Deze wachttijden traden echter op bij de andere afnemers en kunnen dus niet worden onderbouwd op basis van de data (zie bijlage D-4.1). Op basis van de observaties kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid eigenaren invloed kan hebben op de wachttijden, het is echter wel onduidelijk hoe groot deze invloed is.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

De asfaltcentrale kan defect raken gedurende de werkdag.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Als een asfaltcentrale defect raakt gedurende een werkdag, dan kan deze geen asfalt produceren. Door de beperkte houdbaarheid van het product kan er maar een beperkte voorraad aangelegd worden in de voorraadsilo's. In het geval van een defect aan de centrale is er dus maar een beperkte voorraad asfalt die nog geleverd kan worden. De aannemer moet vervolgens de beslissing nemen of de vrachtwagens bij de asfaltcentrale blijven wachten tot het defect opgelost is of dat er gekozen wordt om asfalt te gaan halen bij een andere centrale.

Zoals aangegeven in paragraaf 1.3.1 maakt de aannemer meestal gebruik van de dichtstbijzijnde asfaltcentrale, als de centrale defect gaat moeten de vrachtwagens een grotere afstand afleggen als het asfalt bij een andere asfaltcentrale wordt gehaald. Door de langere transporttijd zal de snelheid van de asfaltspreidmachine omlaag moeten om stopplaatsen te voorkomen.

De andere optie is om de vrachtwagens te laten wachten totdat het defect hersteld is, dit leidt tot hogere wachttijden voor de vrachtwagens. Dit kan hogere variatie in het transportproces als gevolg hebben, dit heeft gevolgen voor de productiviteit of stilstand van de asfaltspreidmachine.

Mocht het gebeuren dat de asfaltcentrale defect raakt dan zijn de gevolgen heel groot voor het gehele proces, echter dit gebeurt niet heel vaak (zie Bijlage B).

Gedurende de dataverzamelingen is het één keer gebeurd dat de AC defect raakte, dit heeft grote gevolgen gehad (zie bijlage D-1.1), echter er was hier spraken van een incident. Gedurende de andere dataverzamelingen zijn geen defecten die wachttijden veroorzaken geconstateerd.

2.2. Invloedsfactoren asfaltverwerking op de asfaltlogistiek

Onder de asfaltverwerking zal het verwerken van het asfalt vallen zoals beschreven in paragraaf 1.3.2. Er zal vooral onderzocht worden hoe het transport en de asfaltverwerking elkaar beïnvloeden en wat de gevolgen hiervan zijn. Belangrijke aspecten bij het verwerken van het asfalt is dat de asfaltspreidmachine niet stil mag komen te staan en er gestreefd moet worden naar een continue verwerkingssnelheid.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

De snelheid van de asfaltspreidmachine.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

De snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald in grote mate de productiviteit van het proces. Er dient gestreefd te worden naar een continue snelheid van de asfaltspreidmachine tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. Om dit te kunnen realiseren is het noodzakelijk om de snelheid van de asfaltspreidmachine en de aanvoer van het asfalt op elkaar af te stemmen. De snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald hoeveel ton asfalt er wordt verbruikt per uur en dus hoe lang er met een vracht asfalt gedaan kan worden. Binnen de NHI methode worden de aanvoer van asfalt en de snelheid van de asfaltspreidmachine op elkaar afgestemd aan de hand van de volgende berekening(Jiang, 2003):

$$\text{Actual paver production rate (P - RATE)} = \text{MIX RATE (tph)} * (1000 \text{ kg}) / (1 \text{ ton}) * (1 \text{ hr}) / (60 \text{ min}) / \text{WIDTH(m)} / \text{THICK (m)} / \text{DENSITY (kilograms per cubic meter)}$$

Bij een wijziging van de snelheid van de asfaltspreidmachine heeft dit gevolgen voor het gehele proces: Bij verlaging van de snelheid kan dit leiden tot langere wachttijden van de vrachtwagens en bij verhoging kan dit uiteindelijk tot stilstand van de asfaltspreidmachine leiden. Dit komt dan doordat de vrachtauto's de aanvoer van asfalt niet op tijd kunnen verzorgen. Daarnaast kan een te hoge snelheid er toe leiden dat dit negatieve invloed heeft op de kwaliteit, doordat de walzen de snelheid van de asfaltspreidmachine niet kunnen bij houden.

Uit de interviews (zie Bijlage B) is naar voren gekomen dat de snelheid van de asfaltspreidmachine in combinatie met de laaigenschappen de productiviteit in grote mate beïnvloedt. De

productiviteit beïnvloedt de tijd die de vrachtwagens moeten wachten en lossen op de verwerkingslocatie en de hoeveelheid vrachtwagens die ingezet dienen te worden.

Uit de observaties is gebleken dat de snelheid van de ASM in combinatie met de laaigeenschappen een grote invloed heeft op het verbruik (ton/uur) van de ASM. Een lager verbruik heeft als gevolg een langere lostijd en een hoger verbruik een kortere lostijd.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

De asfaltspreidmachine kan defect raken gedurende het uitvoeren van de werkzaamheden.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Als de asfaltspreidmachine defect raakt, kan er niet verder gegaan worden met het asfalteren. Het materieel dient zo snel mogelijk gerepareerd te worden en/of vervangen. De gevolgen zijn dat je een naad krijgt door stilstand van de asfaltspreidmachine, daarnaast zijn er nog vrachtwagens onderweg met asfalt. Deze vrachtwagens zullen moeten wachten op het project voordat ze kunnen lossen, dit heeft als gevolg dat de efficiëntie omlaag gaat en de warmte van het asfaltmengsel verloren gaat.

Uit de interviews (zie Bijlage B) is gebleken dat dit niet heel vaak gebeurt, echter wordt wel bij een groot project met een strakke planning /deadline (bijvoorbeeld nacht- en/of weekendwerk) ervoor gezorgd dat er reserve materieel beschikbaar is voor het geval dat het toch gebeurt.

Gedurende de observaties is het nooit gebeurd dat er materieel defect raakt, echter als er materieel defect raakt zal het effect wel groot zijn. Er kan vanuit gegaan worden dat defect materieel een incident is.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Meerdere asfaltcentrales leveren aan één project.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Als de Standaard RAW 2005 van toepassing is, is het niet toegestaan om asfalt van meer dan één asfaltcentrale door elkaar te verwerken. De volgende eisen zijn van toepassing (CROW, 2008):

- Het asfalt mag ten hoogstens van 4 centrales afkomstig zijn;
- De mengsels mogen alleen door elkaar verwerkt worden als de mengsels geproduceerd worden volgens dezelfde typeonderzoek en de gebruikte toeslagmaterialen, de eventueel toegepaste toeslagstoffen, het bindmiddel en de referentiesamenstelling gelijk zijn.
- Als er aan één van de twee bovenstaande eisen niet voldaan is, moet het asfalt afkomstig van de afzonderlijke menginstallaties op duidelijk onderscheiden plaatsen worden verwerkt en moeten de herkomst, de referentiesamenstelling, de plaats van verwerking en de hoeveelheid van de afzonderlijke mengsels volgens 31.27.05 lid 01,03 en 05 worden bepaald en vastgelegd.

De belangrijkste eisen om asfalt van verschillende asfaltcentrales door elkaar te mogen gebruiken is dat het mengsel gebaseerd is op dezelfde typetest. Om hieraan te voldoen moeten dezelfde mineralen gebruikt worden. Niet elke asfaltcentrale maakt gebruik van dezelfde leverancier en dus dezelfde mineralen. Tegenwoordig wordt de inkoop steeds meer centraal geregeld binnen de BAM Wegen waardoor ook meer asfaltcentrales gebruik maken van dezelfde leveranciers. Asfaltcentrales die niet in zijn geheel het eigendom zijn van BAM Wegen kunnen echter niet centraal gecoördineerd worden, waardoor ook vaak andere mineralen gebruikt worden. Daarnaast heeft de geografische ligging van de asfaltcentrale een invloed op de leverancier van de mineralen.

Als er gebruik gemaakt wordt van meer dan één asfaltspreidmachine en het logistieke proces niet verstoord wordt, kunnen de individuele asfaltspreidmachines gevoed worden met de individuele asfaltcentrales. Echter als dit proces verstoord wordt, dan moeten de mengsels door elkaar heen gebruikt gaan worden. Het is dan noodzakelijk dat de asfaltspreidmachine eerst het asfalt van asfaltcentrale A geheel op gebruikt en dan pas overgaat op het asfalt van de andere centrale. Alleen op deze manier is duidelijk aan te geven en te herleiden waar welk asfalt is verwerkt.

Uit de interviews (zie Bijlage B) komt naar voren dat de invloed van het verwerken van asfalt uit meerdere centrales niet als groot wordt gezien. Wel heeft het enige invloed op het gehele verwerkingsproces, echter meestal worden er dan ook meerdere asfaltsets ingezet. Hierdoor worden de twee cycli als een individuele logistieke cyclus beschouwd. Dit heeft echter wel als gevolg dat als er een asfaltset stil komt te staan, de ander ook moet wachten om een goede kwaliteit te kunnen garanderen.

Het asfalteren vanaf meer dan een AC op een ASM gebeurt nagenoeg nooit. Als er vanaf meerdere AC geleverd wordt, worden er vaak evenveel ASMs ingezet. Hierdoor kunnen de verschillende ASMs als individuele logistieke cycli beschouwd worden. Uit de observaties is gebleken dat de invloed van de verschillende cycli op elkaar minimaal is.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Aantal asfaltspreidmachines dat ingezet wordt.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Het aantal asfaltspreidmachines dat gebruikt wordt heeft invloed het aantal vrachtwagens en de wachttijd van de vrachtwagens. Door meerdere asfaltspreidmachines in te zetten is het noodzakelijk om meer asfalt per uur te leveren op de verwerkingslocatie. Er dienen dus meer vrachtwagens ingezet te worden, ook zal het aantal sets invloed hebben op de wachttijd van de vrachtwagens (zie Bijlage B). Aan de hand van de observaties kan bevestigd worden dat het asfaltverbruik (ton/uur) hoger wordt en er dus meer aanvoer vereist is.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Capaciteit van de asfaltset.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

De grote van de buffercapaciteit van de asfaltset wordt bepaald door de grote van de hopper van de asfaltspreidmachine en/of de inzet van een Shuttle Buggy. Een grotere buffercapaciteit heeft tot gevolg dat een vrachtwagen minder lang hoeft te wachten tot deze kan lossen. Daarnaast heeft de buffercapaciteit invloed op de lostijd van de vrachtwagen. De buffercapaciteit van een standaard asfaltspreidmachine is te klein om een vracht in één keer te kunnen lossen, er zullen dus altijd hulpmiddelen toegepast moeten worden als het noodzakelijk is om de buffercapaciteit te vergroten. Binnen de interviews (zie Bijlage B) wordt bevestigd dat de buffercapaciteit een belangrijke invloedsfactor is op de wacht- en lostijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie. Op basis van de observaties kan dit bevestigd worden, met name de inzet van de Shuttle Buggy kan de wacht- en lostijd aanzienlijk verlagen.

Invloedsfactor asfaltlogistiek

Type asfaltproject.

Consequenties voor de asfaltlogistiek

Het type asfaltproject heeft invloed op de snelheid van de asfaltspreidmachine en de wachttijd van de vrachtwagens. Een project met veel zijstraten en rotondes (binnen bouwde kom) zorgt voor meer variatie in de snelheid van de asfaltspreidmachine waardoor de wachttijden verhoogd worden. Het omgekeerde is van toepassing op wegen zonder verstoringen, hierdoor kunnen de wachttijden korter worden.

Zoals in de interviews (zie Bijlage B) wordt aangegeven is het van belang dat er gekeken wordt naar de eigenschappen van het asfaltproject. De eigenschappen van het project hebben invloed op de productiviteit om de rede die hiervoor is aangegeven, maar ook de laageigenschappen beïnvloeden dit. Denk hierbij aan de laagdikte, laagbreedte en asfaltsoort. Daarnaast beïnvloedt het project ook nog de wachttijd van de vrachtwagens, als er gewerkt wordt op een project waar de vrachtwagens elkaar niet kunnen passeren in het werkvak. In een dergelijk geval dienen de andere vrachtwagens aan het eind van het project te wachten totdat de voorgaande vrachtwagen klaar is met lossen en de verwerkingslocatie verlaat. Uit de observaties is gebleken dat de eigenschap-

pen van het project een grote invloed hebben op de productiviteit van de ASM (en dus op de wacht- en lostijden van de vrachtwagens).

2.3. Invloedsfactoren op de logistieke cyclus

Met de logistieke cyclus wordt het transport van het asfalt met behulp van vrachtwagens van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie en visa versa bedoeld. Het betreft dus het transport naar de asfaltcentrale en het transport naar de verwerkingslocatie zoals dit weergegeven is in Figuur 6. Binnen deze paragraaf zal onderzocht worden welke factoren dit proces beïnvloeden.

Invloedsfactor op logistieke cyclus:

Afstand en route.

Consequenties voor de logistieke cyclus:

Zoals Zayed, Halpin & Basha (2005) aangeven is de reistijd hoofdzakelijk afhankelijk van de afstand die de vrachtwagen moet afleggen. Hoe groter de afstand, hoe langer de reistijd. Daarnaast wordt de reistijd ook beïnvloedt door de route die afgelegd dient te worden, aangezien de snelheid binnen de bebouwde kom veel lager is dan op de snelweg. Een ander aspect dat naar voren is gekomen uit de interviews (zie Bijlage B) is het feit dat de omgeving waarin de vrachtwagen rijdt een grote invloed heeft op de reistijd. Het heeft veel invloed of dit in de omgeving van de drukke Randstad gebeurt of in een rustige omgeving. Daarnaast beïnvloedt ook het feit of er extra verkeer is te verwachten in of op de route, denk hierbij aan bijvoorbeeld een concert of sportevenement. De reistijd tussen de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie wordt bepaald op basis van ervaring, hierbij worden de hierboven genoemde factoren meegenomen.

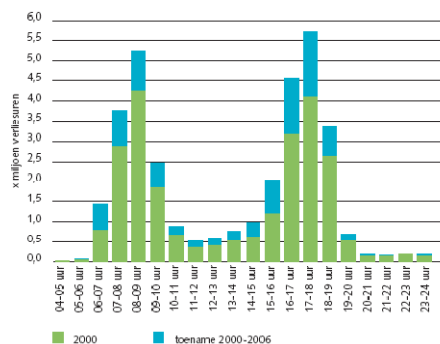
Op basis van de dataverzameling en analyse kan geconcludeerd dat de afstand en route de grootste invloedsfactor is op de logistieke cyclus (zie paragraaf 2.4). Tijdens de dataverzamelingen waren er geen evenementen, het is dus niet mogelijk om te bevestigen of dit een grote invloed heeft op de cyclus.

Invloedsfactor op logistieke cyclus:

File

Consequenties voor de logistieke cyclus:

Zoals reeds aangegeven wordt de reistijd grotendeels bepaald door de afstand die afgelegd dient te worden, echter een andere grote invloedsfactor is het overige verkeer. Als de hoeveelheid verkeer op een bepaalde weg hoger is dan de wegcapaciteit ontstaan er files. Het ontstaan van files heeft twee hoofdoorzaken: er is (tijdelijk) te veel verkeersaanbod en er is (tijdelijk) te weinig wegcapaciteit beschikbaar (Jiang, 2003; VerkeersInformatieDienst, 2009). De files nemen elk jaar toe en hebben hoge pieken gedurende de ochtend- en avondspits (zie Figuur 8), waardoor het lastig is om een continue aanvoer te creëren.



Figuur 8: Verdeling filedruk in verliesuren over de dag (KiM, 2008)

Zoals in de interviews (zie Bijlage B) is aangegeven is de invloed hiervan erg groot, binnen het plannen van de logistieke cyclus worden de mogelijke files ook altijd meegenomen. Dit gebeurt, net zoals bij de reistijd, op basis van de ervaring van de planner.

Op basis van de dataverzamelingen is gebleken dat de invloed van de files vrij groot is, met name doordat men vaak extra vrachtwagens inzet om dit te compenseren. Hierdoor worden de wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie verhoogd.

Invloedsfactor op logistieke cyclus:

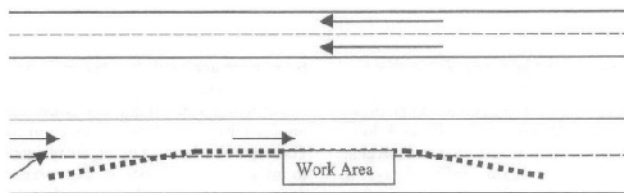
Afsluiten van een rijstrook t.b.v. eigen werkzaamheden.

Consequenties voor de logistieke cyclus:

Het merendeel van de asphaltprojecten bestaat uit onderhoudsprojecten waarbij een bestaand weg(dek) vervangen, verbreedt of hersteld wordt. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden worden er dan één of meer rijstroken afgesloten, het afsluiten van de wegstroken heeft effect op het verkeer. De vrachtwagens hebben ook last van deze effecten op het verkeer, Jiang(2003) en Nassar, Thabet & Beliveau(2003) hebben onderzoek gedaan naar wat het effect is van het afsluiten van het werkvak op de asphaltlogistiek. Uit hun onderzoek is gebleken het afsluiten van een wegvak gevolgen heeft voor de productiviteit van de asfaltspreidmachine doordat er vertragingen opgelopen worden gedurende de asfaltransport.

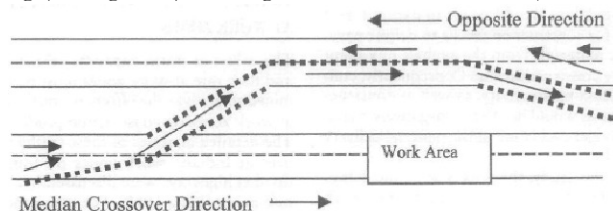
Binnen het onderzoek van Nassar et al. (2003) is er met behulp van simulaties onderzocht wat het effect is van het afsluiten van één rijstrook bij een weg met twee rijstroken voor beide rijrichtingen. Beide rijrichtingen moeten dan gebruik maken van één rijstrook, waardoor het verkeer geregeld wordt met behulp van verkeersregelininstallaties. De vrachtwagens kunnen bij de verwerkingslocatie niet zomaar lossen of terug rijden naar de asphaltcentrale, omdat deze ook last hebben van de verkeersmaatregelen. Uit dit onderzoek is gebleken dat de interval de verkeersregelininstallatie een grote invloed heeft op de productiviteit van de asfaltspreidmachine, bij toepassing van een korte interval (1 minuut) van de verkeersregelininstallatie wordt de productiviteit van de asfaltspreidmachine hoger dan bij een lange interval (10 minuten). Dit komt doordat de vrachtwagens bij kortere openingstijden van een rijrichting vaker de kans hebben om het werkvak te verlaten of in te rijden. In het onderzoek wordt ook aangegeven dat bij een kleine interval de wachttijd voor de verkeersregelininstallatie groter wordt en dus vertraging oplevert voor al het verkeer, dit zou dan vooral gelden bij een grote verkeersdrukte. Het verschil kan hierbij oplopen tot ongeveer 200 ton asfalt op een werkdag.

Binnen het onderzoek Jiang(2003) is er onderzoek gedaan naar het effect van werkvakken op de filevorming met behulp van wiskundige formules. Deze methode kan toegepast worden om het aantal verliesuren te bepalen voor een doorlopend stuk weg zonder op- en afritten. De berekening is gebaseerd op het principe dat er een file ontstaat als de capaciteit van het werkvak lager is dan de verkeersvraag.



Figuur 9: Gedeeltelijk afgesloten rijbaan(Jiang, 2003)

Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen twee scenario's, namelijk een gedeeltelijke afsluiting van een rijrichting (zie Figuur 9) of het geheel afsluiten van een rijrichting (zie Figuur 10).



Figuur 10: Geheel afgesloten rijbaan (Jiang, 2003)

Om het effect van het werkvak te bepalen dient er onderscheid gemaakt te worden tussen een situatie waarbij de verkeersvraag op de weg kleiner is dan de capaciteit van het overgebleven wegvak (zie Formule 1) en de situatie waarbij de verkeersvraag groter is dan de capaciteit van de weg (zie Formule 2).

$$T_c = t_c + w_t = t_c + \frac{F_{ai}}{F_c(F_c - F_{ai})}$$

Formule 1: Het effect van het werkvak als de verkeersdruk < wegcapaciteit

$$T_c = t_c + W_t = t_c + \frac{Q_{i-1} + (F_{ai} - F_d)t}{F_d}$$

Formule 2: het effect van het werkvak als de verkeersdruk ≥ wegcapaciteit

Binnen deze formules geldt het volgende:

T_c	Cyclustijd van een voertuig inclusief de vertraging van het werkvak.
t_c	Cyclustijd van een voertuig exclusief de vertraging van het werkvak.
w_t	Vertraging van een voertuig onder filevrije omstandigheden.
W_t	Vertraging van een voertuig bij file.
F_{ai}	Verkeersvraag arriverende auto op tijdstip i.
F_c	Wegcapaciteit ter hoogte van werkvak.
F_d	Verkeersstroom vertrekkende voertuigen.
Q_{i-1}	Rij van voertuigen op tijdstip i-1.
t	Tijd.

Binnen het onderzoek van Jiang (2003) is de waarde van F_d bepaald op basis van een eerder onderzoek van Jiang betreffende werkzaamheden aan Interstate 70 tussen State Road 9 en State Road 29 in Indiana. Deze gegevens zijn dus gebaseerd op een project in de VS, er dient onderzoek gedaan te worden naar de situatie in Nederland.

Binnen het onderzoek is vervolgens op basis van de NHI (National Highway Institute) – methode is bepaald hoeveel vrachtwagens nodig is voor een project in Indiana in de VS. Vervolgens is de filevorming bepaald die ontstaat t.g.v. het werkvak. Uit de berekeningen kan geconcludeerd worden dat bij een minimale vertraging t.g.v. de eigen werkzaamheden, het al noodzakelijk kan zijn om een extra vrachtwagen in te zetten.

Binnen de interviews (zie Bijlage B) is aangegeven dat de invloed van de eigen werkzaamheden vrij groot is, aangezien de vrachtwagens in de eigen file terecht komen. Het is dus noodzakelijk dat er rekening wordt gehouden met deze invloedsfactor. Als er rekening mee wordt gehouden gebeurt dit op basis van de ervaring van de planner. Uit diverse observaties is gebleken dat de invloed van het eigen werkvak bij met name snelwegprojecten groot is. Dit is echter wel afhankelijk van de drukte op de weg, aangezien de capaciteit van de weg vaak significant verlaagt wordt t.b.v. het werkvak.

Invloedsfactor op logistieke cyclus:

Rij- en rusttijdenbesluit.

Consequenties voor de logistieke cyclus:

Een veel gehoorde klacht is de invloed van de rijtijdenwet op het logistieke proces, de rijtijdenwet regelt de rij- en rusttijden in het wegvervoer binnen de Europese Unie, dan wel tussen EU, Zwitserland en de landen die partij zijn bij de overeenkomst EER (Europese Economische Ruimte). De rijtijdenwet is uitgewerkt in verordening (EG) nr. 561/2006 (Europees-Parlement-en-de-Raad, 2006), de invloed op de logistieke cyclus is als volgt:

- Een vrachtwagenchauffeur mag maximaal 4,5 uur aan een gesloten rijden. Vervolgens moet er rusttijd of een onderbreking genomen worden;
- Een onderbreking duurt minimaal 45 minuten, maar deze mag ook ingevuld worden door minimaal 15 minuten gevolgd door minimaal 30 minuten (in deze volgorde); en
- Een chauffeur mag maximaal 9 uur per dag rijden, waarbij max. 2 keer per week 10 uur per dag.

Deze zelfde regels gelden ook voor het nachtwerk, waarbij rekening moet gehouden worden dat een chauffeur maximaal 38 uur per 2 weken in de nacht mag werken. Voor een uitgebreide samenvatting van de rijtijdenwet, zie Bijlage A.

Hieruit valt op te maken dat de rusttijden voor een vrachtwagenchauffeur strenger zijn dan voor de bouwplaatsmedewerkers die het materieel bedienen. Hierdoor is het mogelijk dat door de vereiste rusttijden een vrachtwagen stil komt te staan en er dus variatie in het proces ontstaat. Hierdoor bestaat het risico dat de asfalspreidmachine zonder asfalt komt te zitten. Het is dus van belang dat er duidelijke afspraken gemaakt worden over de invulling van de rusttijden tussen de transporteur/chauffeur en de asfaltuitvoerder.

Op basis van de dataverzamelingen is gebleken dat de naleving van het rij- en rusttijdenbesluit niet altijd even strikt is. Niet alle chauffeurs nemen hun rust als dit wettelijk verplicht is en als ze het wel nemen niet allemaal lang genoeg. Echter zodra de chauffeur een half uur rust neemt, wordt ook de aanvoer verstoord en is de invloed groot.

2.4. De verplaatsing van de vrachtwagens in de praktijk

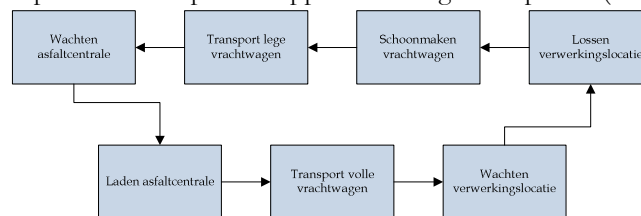
Om inzicht te krijgen in de verplaatsing van de vrachtwagens gedurende asfalteringswerkzaamheden is er data verzameld bij de volgende projecten:

- Aziëhavenweg te Amsterdam
- A6 Afslag 11 Lelystad –Noord
- A10 Ring
- Bennekomsesteeg te Wageningen

Aan de hand van een statistische analyse zijn vervolgens de distributies van de diverse processtappen bepaald. Het is noodzakelijk om een statistische analyse uit te voeren van de verzamelde gegevens om deze gegevens bruikbaar te maken voor simulaties.

2.4.1. Framework dataverzameling

Om ervoor te zorgen dat de gegevens altijd op dezelfde manier verzameld worden is er een framework opgesteld op basis van de processtappen in het logistieke proces (zie Figuur 11).



Figuur 11: Processtappen van logistieke proces (Halpin and Riggs, 1992; Jordans, Verweij et al., 2007)

Wachttijd bij de asfaltcentrale

Omschrijving: De tijd die een vrachtwagen doorbrengt op of rond het terrein van de asfaltcentrale zonder productief bezig te zijn voordat deze geladen wordt met het asfaltmengsel.

- Afbakening (praktisch):
- Aankomst vrachtwagen op de asfaltcentrale; t/m
 - Start laden asfalt.
- Meetopties:
- GPS –gegevens (Latitude en longitude)

Laadtijd bij de asfaltcentrale

Omschrijving: De tijd die het kost om de vrachtwagen te laden, bak af te sluiten en de weegbon op te halen bij de asfaltcentrale.

- Afbakening (praktisch):
- Start laden asfalt; t/m
 - Vrachtwagen verlaat het terrein van de asfaltcentrale.
- Meetopties:
- GPS –gegevens
 - eRoutes

Transporttijd asfaltcentrale naar verwerkingslocatie

Omschrijving: De tijd die het de vrachtwagen kost om vanaf het terrein van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie te rijden.

Afbakening (praktisch):

- Vrachtwagen verlaat het terrein van de asfaltcentrale; t/m
- Vrachtwagen komt aan op het werkvak van de verwerkingslocatie.

Meetopties:

- GPS –gegevens

Wachttijd verwerkingslocatie

Omschrijving: De tijd die de vrachtwagen op de verwerkingslocatie doorbrengt nadat deze aangekomen is op de locatie en voordat deze zijn vrachtwagen kan lossen.

Afbakening (praktisch):

- Vrachtwagen komt aan op het werkvak van de verwerkingslocatie; tot
- Vrachtwagen start met lossen.

Meetopties:

- GPS –gegevens;
- PTO² gegevens (eerste keer aan sinds aankomst verwerkingslocatie).

Lostijd op verwerkingslocatie

Omschrijving: De tijd die de vrachtwagen op de verwerkingslocatie doorbrengt en bezig is met het daadwerkelijke lossen en het schoonmaken van de vrachtwagen.

Afbakening (praktisch):

- Vrachtwagen start met lossen; t/m
- Vrachtwagen start met schoonmaken.

Meetopties:

- GPS –gegevens;
- PTO gegevens (eerste keer uit sinds aankomst verwerkingslocatie).

Schoonmaken vrachtwagens op verwerkingslocatie

Omschrijving: De tijd die de vrachtwagen(chauffeur) op de verwerkingslocatie doorbrengt en bezig is met het schoonmaken van de laadbak.

Afbakening (praktisch):

- Vrachtwagen stopt met lossen; t/m
- Vrachtwagen verlaat het werkvak van de verwerkingslocatie.

Meetopties:

- GPS –gegevens;
- PTO gegevens (eerste keer aan sinds eind lossen).

Transporttijd tussen verwerkingslocatie en asfaltcentrale

Omschrijving: De tijd die het de vrachtwagen kost om vanaf het werkvak naar het terrein van de asfaltcentrale.

Afbakening (praktisch):

- Vrachtwagen verlaat het werkvak; t/m
- Vrachtwagen komt aan op het terrein van de asfaltcentrale.

Meetopties:

- GPS –gegevens

Projectgegevens

Gedurende de dataverzameling dienen er ook een aantal algemene projecteigenschappen verzameld te worden:

- De hoeveelheid asfalt die gepland staat (uitvoerder en/of asfaltcoördinator);
- Hoeveelheid daadwerkelijk verwerkte asfalt (eRoutes of weegbonnen);
- Laageigenschappen (uitvoerder / asfaltcoördinator):
 - Asfaltsoort;
 - Laagdikte;
 - Laagbreedte;
- Verwerkingssnelheid (ton/uur en/of m/min) (eRoutes en/of uitvoerder);
- Eigenschappen werkvak(kruispunten, rotondes, etc.) (uitvoerder, Google Maps);

² PTO staat voor Power Take Off (krachtafnemer). De PTO wordt aangedreven via de versnellingsbak of motor, dit zorgt ervoor dat ook de hulpapparatuur die op de vrachtwagen aanwezig is van stroom wordt voorzien (Truckstar, 2007).

- Actuele situatie bij de asfaltcentrale gedurende de werkdag (één of meer afnemers) (asfaltcoördinator of installatiechef / bedrijfsleider asfaltcentrale)
- Materieelinzet uitvoering:
 - Gebruik van Shuttle Buggy;
 - Eigenschappen van de asfaltspreidmachine (m.n. capaciteit).
- Gemaakte planning t.b.v. asfalttransport (m.n. de cyclustijd).

2.4.2. Statistische analyse

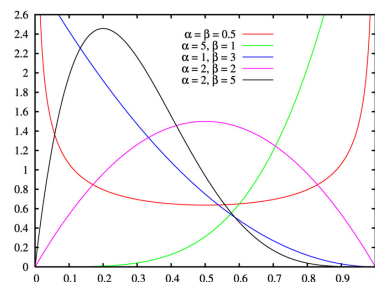
Nadat de gegevens verzameld zijn, is het noodzakelijk om deze gegevens te analyseren. Op basis van Law(2007) en Moore & McCabe(1999) zijn de statistische analyses uitgevoerd, de gevolgde procedure is in deze paragraaf beschreven.

De kwantitatieve data wordt eerst in de vorm van een boxplot (zie Figuur 12) weergegeven, dit is een grafische weergave van de gehele dataset. Hierbinnen worden de volgende vijf waarden weergegeven:

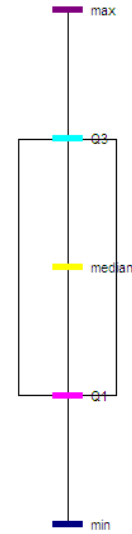
- Maximum;
- Derde kwartiel (Q3) (75 procent van alle waarnemingen ligt onder deze waarde);
- De mediaan (centrummaat);
- Eerste kwartiel (Q1) (25 procent van alle waarnemingen ligt onder deze waarde); en
- Minimum.

Door de visuele weergave van deze gegevens is het mogelijk om eenvoudig een impressie te krijgen van de spreiding van de data en de vorm van de distributie. Aan de hand van de kwartielen kan ook de interkwartielafstand ($IKA = Q3 - Q1$) berekend worden. Buiten dat dit een indicatie is voor de spreiding van de data, zijn aan de hand van de IKA de extremen uit de data gefilterd. Dit gebeurt door het markeren van gegevens die de ondergrens($=Q1 - (1,5 * IKA)$) of bovengrens($=Q3 + (1,5 * IKA)$) overschrijden, vervolgens dient er zelf beoordeeld te worden of dat deze gegevens afwijken van het patroon.

Als de extremen uit de data gefilterd zijn wordt er een histogram opgesteld, dit is een grafische weergave van het aantal observaties dat binnen een bepaalde klasse valt. Door de visuele weergave van de observaties kan er inzicht verkregen worden in de vorm van de distributie, hierbij is het noodzakelijk dat er voldoende observaties zijn om een goede analyse te kunnen maken van de data.



Figuur 13: Mogelijke vormen beta distributie (Wikipedia, 2009)



Figuur 12: Voorbeeld boxplot

Voor de distributies is het mogelijk om een trendlijn weer te geven, dit is een visuele weergave van de distributie (zie Figuur 13). De juiste parameters dienen berekend te worden om vervolgens een curve te kunnen plotten. Door het histogram en de trendlijn in één gezamenlijke grafiek weer te geven is het mogelijk om een schatting te maken van de distributie die het beste bij de data hoort.

Een goed hulpmiddel om te onderzoeken hoe goed de gekozen distributie met de daadwerkelijke observaties aansluit is de function-differences plot. Dit is een grafiek waarbij per klasse het verschil tussen de theoretische distributie en de observaties uit de praktijk worden weergegeven.

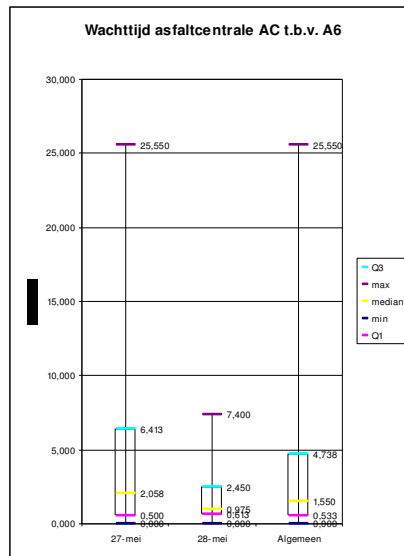
Zodra er een distributie naar voren is gekomen is het noodzakelijk om na te gaan of deze distributie daadwerkelijk bij de observaties past. Dit wordt gecontroleerd door het uitvoeren van een statistische hypothese –test, binnen dit onderzoek zal er gebruik gemaakt worden van de Chi –kwadraat goodness of fit test. Binnen deze berekenen wordt de waarde X^2 berekend d.m.v. Formule 3 waarbij N_j het aantal observaties is en np_j het theoretische te verwachten aantal. Over het algemeen kan gezegd worden dat hoe kleiner de waarde voor X^2 hoe beter de distributie past bij de gevonden data. Echter ten behoeve van de toetsing van de relatie tussen de theoretische en de praktijk aantallen, is het noodzakelijk de X^2 die berekend wordt aan de hand van de data kleiner is dan $X^2_{k-1,1-\alpha}$ bij een significantie van $\alpha = 0,05$. Deze laatste waarde is terug te vinden in de bijlagen van Law(2007), Moore & McCabe(1999) en / of berekenen binnen Excel. Er kan aangenomen dat de distributie passend is voor de data als geldt dat $X^2 < X^2_{k-1,1-\alpha}$.

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$$

Formule 3: Chi -kwadraat

2.4.3. Voorbeeld berekening: Wachten vrachtwagens asfaltcentrale A6 afslag 11

Op basis van de procedure uit paragraaf 2.4.2 is er in deze paragraaf een voorbeeld analyse uitgewerkt, het betreft de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale bij het project A6 afslag 11 Lelystad –Noord.



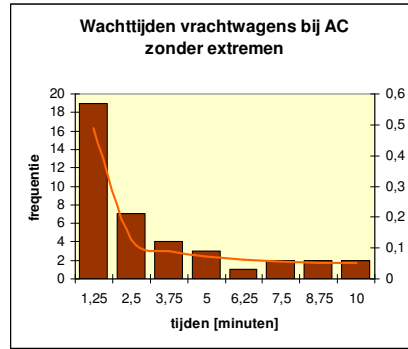
Grafiek 1: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale A6

In Grafiek 1 zijn de boxplots weergegeven betreffende de wachttijden van de vrachtwagens bij de AC. Er zijn boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk, hierbij valt vooral de maximale wachttijd van woensdag 27 mei op. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel 1 zijn de algemene gegevens te zien.

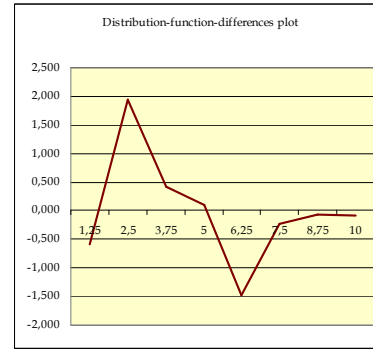
In Grafiek 2 is een histogram met een Scaled Beta verdeling weergegeven, uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de empirische observaties (zie Grafiek 3) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

	Zonder extremen
gemiddelde	2,616 min.
mediaan	1,342 min.
mediaan / gemiddelde	0,513
aantal observaties	40
min	0,000 min.
max	10,000 min.
standaard afwijking	2,927 min.
kurtosis	0,456
scheefheid	1,255

Tabel 1: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. A6



Grafiek 2: Histogram wachttijden bij asfaltcentrale t.b.v. A6



Grafiek 3: Distribution-function differences plot wachttijden asfaltcentrale t.b.v. A6

Aan de hand van een Chi-kwadraat toets wordt gekeken of de wachttijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,3282, β van 0,9262, a van 0,0000 min. en een b van 10,0000 min. (zie Tabel 2 en Tabel 3). Door middel van de Chi-kwadraat toets is bevestigd dat deze distributie bij de observaties past.

K	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	1,25	19	19,586	0,018
2	2,5	7	5,066	0,738
3	3,75	4	3,588	0,047
4	5	3	2,894	0,004
5	6,25	1	2,487	0,889
6	7,5	2	2,227	0,023
7	8,75	2	2,068	0,002
8	10	2	2,083	0,003
				$X^2 = 1,725$

Tabel 2: Chi kwadraat -toets wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

α	X^2	
0,05	14,067	Accept
0,01	18,475	Accept
0,001	24,322	Accept

Tabel 3: Kritieke waarden voor x^2 voor de wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

2.4.4. Projectgegevens

In Tabel 4 zijn de gegevens van de onderzochte projecten weergegeven, in het vervolg van deze paragraaf zullen de projecten nog algemeen beschreven worden.

	Aziëhavenweg	A6	A10	Bennekomse - steeg
Wegtype	Industriegebied	Snelweg	Snelweg	Buiten bebouwde kom
Asfaltcentrale	ACB Amsterdam	ACB Amsterdam	ACB Amsterdam	ACN Nijkerk
Afstand	800 m ¹	71,1 km	21,3 km	44,6 km
Rijtijd	n.v.t.	65 minuten (Routenet, 2009a)	23 minuten (Routenet, 2010)	40 minuten (Routenet, 2009b)
Hoeveelheid asfalt	Onderlaag: 835 ton Toplaag: 360 ton	Dag 1: 960 ton Dag 2: 755 ton	1320 ton over 4 dagen	191 ton
Aantal vrachtwagens	Onderlaag: 4 vrachtwagens Toplaag: 3 vrachtwagens	Dag 1: 14 vrachtwagens Dag 2: 12 vrachtwagens	11 vrachtwagens	7 vrachtwagens
Laagdikte	Onderlaag: 70 mm ¹ Toplaag: 30 mm ¹	85 – 80 – 80 mm	20 mm ¹	45 mm ¹
Breedte	Circa 7 m ¹	Voorzijde werkvak circa 14,5 m ¹ breed achterzijde 8 en 6 m ¹ breed	Circa 7 m ¹	Circa 3 m ¹
Lengte	Circa 800 m ¹	Voor het viaduct circa 114 m ¹ Achter het viaduct circa 20 m ¹	Circa 300 m ¹	Circa 600 m ¹

Tabel 4: Projectgegevens

Aziëhavenweg te Amsterdam



Figuur 14: AC en werkvak Aziëhavenweg te Amsterdam

De asfalteringswerkzaamheden zijn uitgevoerd op 05-07-2008, het bijzondere van dit project is dat de verwerkingslocatie (Aziëhavenweg) de weg waaraan de asfaltcentrale (ACB) gelegen is (zie Figuur 14). Hierdoor heb je te maken met zeer korte transportafstanden en dus zeer minimale oponthoud. Deze dataverzameling is een onderdeel van het vooronderzoek t.b.v. dit onderzoek, een gevolg is dat binnen de analyse van de gegevens de tijd t.b.v. het schoonmaken niet zijn uitgezocht en niet duidelijk uit de beschikbare GPS gegevens te halen zijn. Daarnaast zijn er ook nog enkele problemen geweest met de GPS –apparatuur, hierdoor is er in het begin van de werkdag één vrachtwagen te weinig gemonitord. Doordat deze in de loop van de dag het werk weg ging om andere werkzaamheden uit te voeren, is gedurende het vervolg van de dag wel al het transportmaterieel gemonitord.

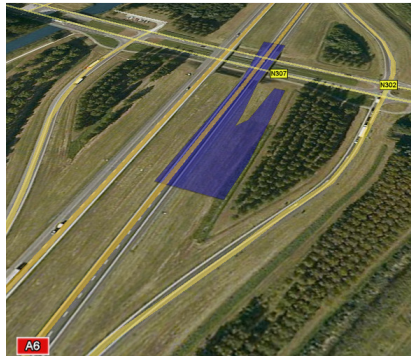
Enkele opvallendheden gedurende de uitvoering van de werkzaamheden:

- De inritten zorgde regelmatig voor opstoppen van het continue uitvoeringsproces van de hoofdrijbaan. Hierdoor kwam het regelmatig voor dat vrachtwagens moesten wachten voordat deze konden lossen.
- Er was een hoge wachttijd van de vrachtwagens bij de AC, deze werd veroorzaakt door het defect aan de centrale. Buiten de wachttijden t.g.v. het defect, zijn er geen wachttijden bij de AC geconstateerd.

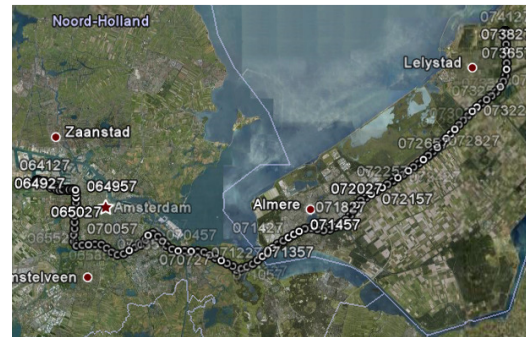
- De asfalspreidmachine is een aantal keer zonder asfalt komen te staan tijdens de onderlaag, dit terwijl er grotendeels van de tijd met een vrachtwagen meer gereden is dan bij de top-laag. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door de hogere productiviteit t.g.v. een dikkere onderlaag.
- De wachttijden van de vrachtwagens bij de asfalspreidmachine zijn bij de deklaag hoger dan bij de onderlaag. Dit heeft waarschijnlijk meerdere oorzaken namelijk een lagere productiviteit van de ASM(asfalspreidmachine) t.g.v. dunnere deklaag en de werkzaamheden aan de inritten duurde langer.

A6 Afslag 11 Lelystad –Noord

Ten behoeve van de aanleg van de Hanzelijn (spoorlijn van Lelystad naar Zwolle), dient de A6 verhoogd te worden om ervoor te zorgen dat de spoorlijn er onderdoor kan. Hiervoor zijn er enkele asfalteringswerkzaamheden verricht ter hoogte van de afrit 11 Lelystad –Noord (zie Figuur 15). Er zijn drie banen asfalt aangebracht die elk een breedte hadden tussen 2,5 en 3,5 m¹. Bij elke van deze banen zijn drie lagen STAB aangebracht met een laagdikte van circa 80 mm. Er is in het totaal 1690 ton asfalt aangebracht in twee dagen. Het asfalt is geproduceerd bij de ACB (Asfalt Centrale BAM) in Amsterdam en vervoerd met behulp van 14 vrachtwagens (32 ritten) op woensdag 27 mei 2009 en 11 vrachtwagens (23 ritten) op donderdag 28 mei 2009. De vrachtwagens reden hoofdzakelijk via de ringweg A10, A1 en de A6 van de ACB naar de het werkvak (zie Figuur 16).



Figuur 15: Werkvak A6 afrit 11 Lelystad -noord



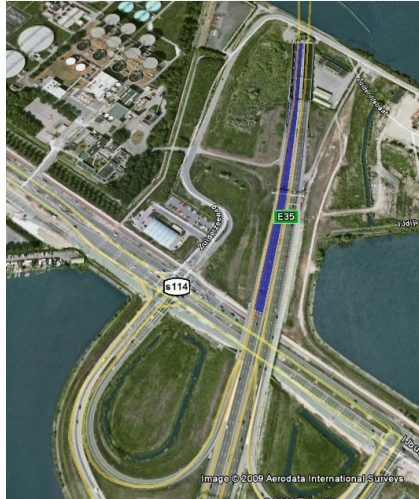
Figuur 16: Route tussen ACB en A6

Tijdens de uitvoering van de asfalteringswerkzaamheden vielen er een aantal zaken op:

- De hoge wachttijden zijn ontstaan, omdat alle vrachtwagens vroeg vertrokken bij de asfaltcentrale. Hiermee is er geprobeerd de files te ontwijken, het gevolg hiervan is dan wel dat de vrachtwagens te maken hadden met hoge wachttijden op de verwerkingslocatie; en
- Door de hoge wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie zouden de chauffeurs voldoende rust pakken op het werk, de afspraak was dan ook dat deze geen half uur rust zouden pakken bij de asfaltcentrale. Tegen de afspraak in is dit toch gedaan door een aantal chauffeurs.

A10 Ring Amsterdam

In het kader van de vorstschades aan het wegennet zijn er diverse herstellende werkzaamheden uitgevoerd aan het rijkswegennet. Op de A10 Ring Amsterdam (zie Figuur 17) is er in dit kader een dunne geluidsreducerende deklaag (Redufalt) aangebracht, de werkzaamheden zijn in vier nachten uitgevoerd in week 24 van 2009. Hierbij is het asfalt geleverd vanaf de ACB, de transporttijd is circa 23 minuten naar de verwerkingslocatie (Routenet, 2010). Alvorens er geasfalteerd kon worden, was het noodzakelijk dat het oud asfalt eerst weg gefreesd werd, vervolgens zijn de werkzaamheden uitgevoerd met behulp van twee asfalspreidmachines.



Figuur 17: Werkvak A10

Bennekomsesteeg te Wageningen

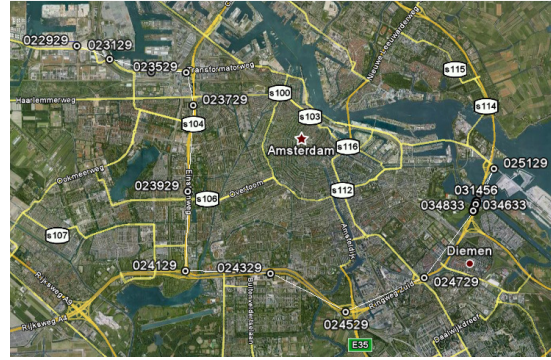
Op de Bennekomsesteeg in Wageningen (zie Figuur 19) is op 16-09-2009 een nieuwe deklaag (SMA) van circa 45 mm aangebracht. Het asfalt is geproduceerd bij ACN (AsfaltCentrale Nijkerk), vervolgens is dit met behulp van 7 (één rit per vrachtwagen) vrachtwagens vervoerd naar Wageningen. In Wageningen is het mengsel aangebracht op een weg van circa 3 m¹ breed en 600 m¹ lang.

De vrachtwagens reden onder andere over de A28, A1, A30 en A12 van de ACN naar het werkvak (zie Figuur 20), deze route is circa 44,6 km lang en neemt met een vrachtwagen circa 40 minuten (exclusief files) in beslag (Routenet, 2009b).

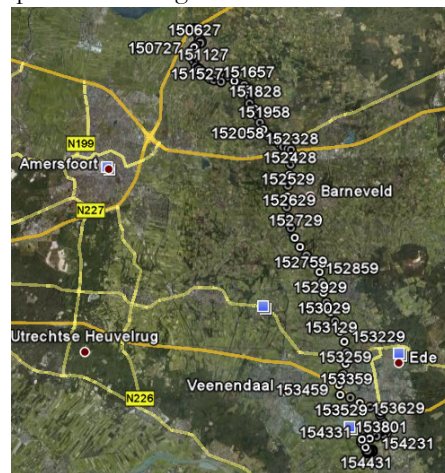
De uitvoering van de werkzaamheden liepen niet volgens planning, in plaats van rond circa 9 uur te beginnen met het aanbrengen van de toplaag is hier pas rond 16 uur mee begonnen. Hiervoor zijn meerdere oorzaken aan te wijzen, waaronder een defect aan de asfaltspreidmachine en het uitvoeren van andere werkzaamheden voor de start van de Bennekomsesteeg. Het gevolg van het feit dat de werkzaamheden niet volgens planning zijn uitgevoerd is wel dat er sprake was van hoge wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie.



Figuur 19: Werkvak Bennekomsesteeg in Wageningen



Figuur 18: Route tussen ACB en A10



Figuur 20: Route tussen ACN en A6

2.4.5. Statistische gegevens

Project	Aziëhavenweg		A6		A10		Bennekomsesteeg	
Activiteit	Distributie	Parameters	Distributie	Parameters	Distributie	Parameters	Distributie	Parameters
Laden vrachtwagens bij de asfaltcentrale	Beta	α 0,3005 β 0,7846 a 3,0000 b 8,0000	Beta	α 1,1965 β 1,5608 a 1,9000 b 6,0333	Beta	α 0,4497 β 0,5546 a 2,0000 b 8,0000	Uniform	low 7,0000 high 11,0000
Transport van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie	Beta	α 0,7704 β 1,0190 a 2,0000 b 8,0000	Normaal	μ 62,8241 σ 3,1739	Normaal	μ 62,8241 σ 3,1739	Normaal	μ 41,3595 σ 1,8950
Schoonmaken van de vrachtwagen	n.v.t.		Gamma	α 18,7369 β 0,4135	Normaal	μ 9,2254 σ 4,4543	Normaal	μ 8,6000 σ 1,9073
Transport van de verwerkingslocatie naar de asfaltcentrale	Gamma	α 4,4904 β 0,8301	Beta	α 0,7016 β 0,7799 a 57,9833 b 97,4833	Normaal	μ 20,1147 σ 1,8858	n.v.t.	
Vervoerde tonnen per vrachtwagen	Normaal	μ 27,4680 σ 2,4853	Beta	α 0,8260 β 0,4031 a 25,0000 b 34,7200	Beta	α 1,0188 β 0,5262 a 19,6400 b 33,8800	Beta	α 0,1555 β 0,2971 a 26,7800 b 32,6800
Hoeveelheid tonnen gelost per minuut	Normaal	μ 0,1035 σ 0,0259	Beta	α 0,6786 β 1,3673 a 0,1561 b 0,8855	Normaal	μ 0,7713 σ 0,4131	Beta	α 0,1072 β 0,2433 a 0,5040 b 0,7359

Tabel 5: Overzicht statistische distributies van de projecten

2.5. Samenvatting en conclusies

Op basis van de literatuur en interviews zijn er diverse factoren die het logistieke proces beïnvloeden geïdentificeerd. Deze invloedsfactoren zijn te onderscheiden op basis van de volgende onderdelen uit het logistieke proces, namelijk vanuit de asfaltproductie, asfaltverwerking en het daadwerkelijke asfalt transport tussen verwerking en productie.

Asfaltproductie:

- Productiecapaciteit AC
- Buffercapaciteit AC
- Defect AC
- Meerdere afnemers gedurende werkdag

Asfalttransport:

- Afstand en route
- Files
- Eigen werkvak
- Rij- en rusttijdenbesluit

Asfaltverwerking:

- Snelheid ASM
- Defect materieel
- Meerdere AC leveren asfalt
- Aantal ASM ingezet
- Capaciteit asfaltset
- Projecteigenschappen

Uit de interviews is naar voren gekomen dat de invloed van de asfaltproductie niet als een grote invloedsfactor op de logistieke cyclus gezien wordt. De asfaltproductie kan dan ook beter gezien worden als randvoorwaarde over de te verwerken hoeveelheid asfalt gedurende de werkdag. Belangrijker voor de logistieke cyclus zijn het transport en de verwerking. De belangrijkste factoren binnen het transport zijn de route/afstand, files en de rijtijdenwet. Voornamelijk het rij- en rusttijdenbesluit wordt als problematisch ervaren omdat deze het proces ernstig verstoort en meer variatie in het proces veroorzaakt. Ten behoeve van de verwerking van het asfalt zijn vooral de factoren die de lostijd beïnvloeden van belang, dit zijn hoofdzakelijk de projecteigenschappen.

Op basis van een viertal dataverzamelingen is er inzicht verkregen in de verplaatsing van de vrachtwagens in de praktijk. Er is met behulp van GPS apparatuur data verzameld m.b.t. de duur van de diverse processtappen uit de logistieke cyclus. Op basis van een statistische analyse worden deze gegevens gebruikt voor de duur van de activiteit in het proces. Aan de hand van deze kennis kan het model beoordeeld worden en gebruikt worden voor het plannen van de logistieke cyclus. Op basis van de dataverzameling kan er geconcludeerd worden dat de projecteigenschappen een grote invloedsfactor zijn op de lostijd van de vrachtwagens. De wachttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie worden veroorzaakt doordat er een andere vrachtwagen aan het lossen is bij de asfaltspreidmachine.

3. Simulaties

Op basis van de kennis die vergaard is over de logistieke cyclus in hoofdstuk 2, wordt er in dit hoofdstuk onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van simulaties binnen de asfaltlogistiek. In dit kader wordt een bestaand simulatiemodel (Boenders, 2008) geanalyseerd, op basis van deze analyse wordt onderzocht hoe het simulatiemodel verbeterd kan worden t.b.v. de planning van de asfaltlogistiek. Vervolgens worden er simulaties uitgevoerd op basis van de geanalyseerde projecten en wordt de simulatieoutput gevalideerd.

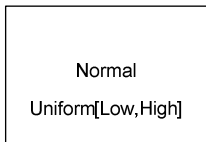
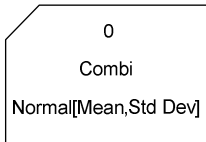
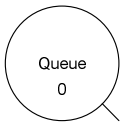
3.1. Simulatie en EZStrobe algemeen

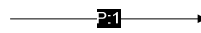
Simuleren is het nabootsen van de werkelijkheid, om het gedrag van een proces te kunnen onderzoeken en te beschrijven. Enkele belangrijke redenen om simulaties boven een experiment te verkiezen zijn de kosten, tijdsduur en complexiteit. De nadelen van simulaties zijn de complexiteit bij het maken van het simulatiemodel en dat er iemand met kennis van het systeem en proces noodzakelijk is voor het werken met een simulatiemodel. Simulatie kunnen een nuttig middel zijn binnen de (wegen)bouw voor de planning en analyse binnen de (wegen)bouw (Boenders, 2008).

De software die gebruikt wordt voor de simulaties is EZStrobe. Zoals Martinez (1998) aangeeft is EZStrobe een eenvoudig maar sterk simulatie systeem gericht voor het modelleren van bouwprocessen. Er zijn meerdere simulatie systemen op de markt, maar of ze zijn gericht op eenvoudige modellen (CYCLONE) of geavanceerde modellen (STROBOSCOPE). Daarom heeft Martinez EZStrobe ontwikkeld, om een systeem te creëren wat zich positioneert tussen beide systemen.

Al deze systemen zijn gebaseerd op ACD (Activity Cycle Diagrams), dit is een diagram met een activiteit, voorwaarden voor deze activiteit om te starten en output van de activiteit (Martinez, 1998; Boenders, 2008).

Binnen EZStrobe zijn de elementen uit Tabel 6 beschikbaar voor het maken van simulatiemodellen (Martinez, 1998; Hassan and Gruber, 2007).

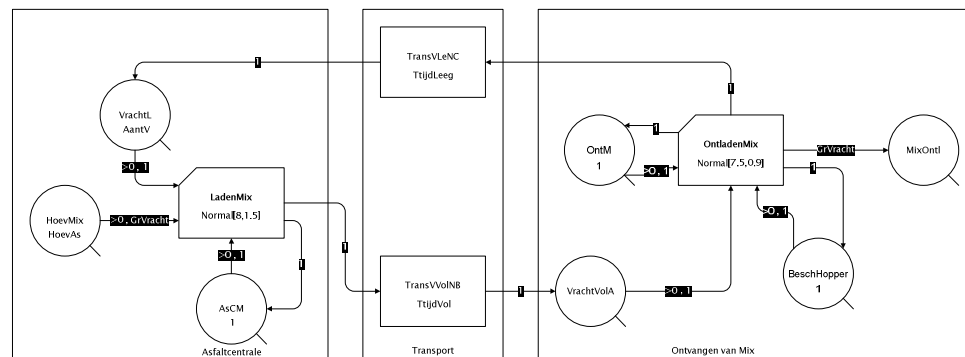
Element	Functie	Parameters
Normal activity 	Activiteit dat aan geen randvoorwaarden hoeft te voldoen en kan starten als de voorgaande activiteit is afgelopen. Een normal activity kan na elk ander element komen behalve een Queue. Na een normal activity kan elk element komen behalve een combi activity.	• Naam activiteit • Statistische verdeling • duur activiteit
Combi activity 	Een element dat pas van start gaat als in de voorgaande Queues voldoende resources aanwezig zijn. Een combi activity kan enkel na een Queue komen. Een combi activity kan opgevolgd worden door elk ander element behalve een andere combi activity.	• Prioriteit • Naam activiteit • Statistische verdeling • duur activiteit
Queue 	Een element dat inactieve middelen vasthoud tot dat deze gebruikt worden door een combi activiteit.	• Naam Queue • Hoeveelheid

Fork 	Een probabilistisch element, welke een willekeurige vervolg route selecteert.	geen
Draw link 	Een element dat een Queue en een Combi activiteit met elkaar verbindt. Een draw link geeft weer aan welke eisen de combi activiteit moet voldoen en welke hoeveelheid er uit de Queue gehaald moet worden.	• Start voorwaarde • Queue hoeveelheid
Release link 	Een element dat twee normal activiteiten met elkaar verbindt. Hierbij wordt aangegeven welke hoeveelheid doorgegeven wordt.	• Hoeveelheid resources
Branch link 	Een element dat een Fork verbindt met elk ander element, behalve een combi activiteit. Op dit element wordt de relatieve kans dat dit pad gekozen wordt weergegeven.	• Relatieve kans

Tabel 6: EZStrobe elementen

3.2. Beschikbare simulatie model

Binnen het afstudeeronderzoek van Boenders(2008) zijn er een aantal simulatie modellen ontwikkeld met betrekking tot het gehele asfaltverwerkingsproces. Binnen deze paragraaf zal het model (zie Figuur 21) dat gericht is op de productie, transport en lossen van asfalt geanalyseerd worden.

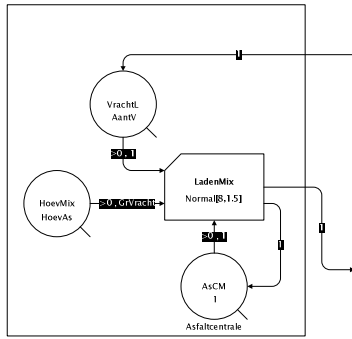


Figuur 21: EZStrobe model transport en ontvangen van asfalt in de praktijk(Boenders, 2008)

Binnen het model zijn een aantal verschillende stappen te onderscheiden, namelijk het proces op de asfaltcentrale, tijdens het transport en het ontvangen van de mix. Het proces begint met de vrachtwagens die bij de asfaltcentrale staan opgesteld, vervolgens worden deze geladen, rijden de vrachtwagens naar de verwerkingslocatie waar de vrachtwagens gelost worden en deze weer terug rijden naar de asfaltcentrale.

Binnen het model is er gekozen om de asfaltcentrale als startpunt te gebruiken voor de vrachtwagens. Er is hiervoor gekozen omdat de vrachtwagens betaald worden vanaf het moment dat deze geladen zijn. Het model wordt beëindigd als de hoeveelheid aangebrachte asfalt gelijk is aan de benodigde hoeveelheid asfalt, of als de simulatietijd langer duurt dan 480 minuten. Er is ervoor gekozen om het model na een vaste tijd te laten stoppen, omdat het niet wenselijk is dat een werkdag langer duurt dan 8 uur.

3.2.1. Asfaltcentrale



Figuur 22: Model asfaltcentrale

In Figuur 22 is het proces bij de asfaltcentrale uit het simulatiemodel weergegeven. De centrale activiteit binnen dit proces is de activiteit *Ladenmix*, dit is een combi-activiteit waarbij aan een aantal eisen voldaan moet worden, alvorens er gestart kan worden met laden. De voorwaarden om te kunnen beginnen met het laden van de mix zijn: er moet minimaal één lege vrachtwagen (*VrachtL*), asfalt (*HoefMix*) en de asfaltcentrale (*AsCM*) beschikbaar zijn (zie Tabel 7).

Als er meerdere vrachtwagens beschikbaar zijn dan kunnen deze niet tegelijk geladen worden, de tijd die de vrachtwagens stil staan voordat er geladen kan worden wordt geregistreerd binnen het model.

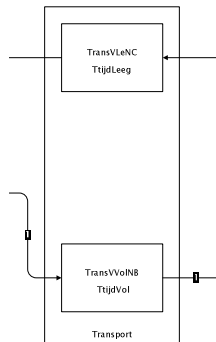
Voorwaarden om te starten	Activiteit	Output van activiteit
- asfalt mix - lege vrachtwagen - laad personeel	laden vrachtwagen	- vrachtwagen met mix - laad personeel beschikbaar

Tabel 7: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van asfaltcentrale in de praktijk (Boenders, 2008)

Zoals al aangegeven in de interviews en paragraaf 2.1 wordt er bij het plannen van de werkzaamheden rekening gehouden met de capaciteiten van de asfaltcentrale. Als uitgangspunt bij het plannen van de logistieke cyclus kan er vanuit gegaan worden dat er voldoende asfalt beschikbaar is bij de asfaltcentrale. Zo lang hiermee rekening gehouden wordt vormt de productie- en buffercapaciteit geen probleem binnen de logistieke cyclus.

De vrachtwagens beginnen aan de werkdag binnen de wachtrij *VrachtL*, hierdoor begint de werkdag met wachttijden, waarvoor de aannemer niet verantwoordelijk voor is. Het is dus noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de vrachtwagens pas binnen het proces komen op het moment dat de aannemer verantwoordelijk is voor de kosten van de vrachtwagens.

3.2.2. Transport



Figuur 23: Model transport

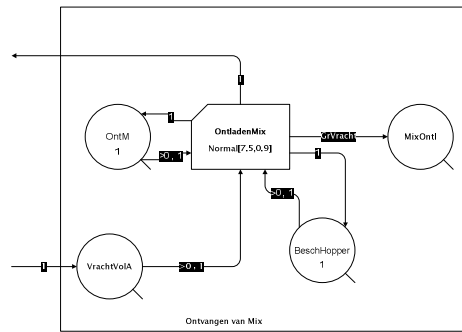
In Figuur 23 is het transportproces uit het simulatiemodel weergegeven. Hierbinnen zijn twee activiteit terug te vinden, transport volle vrachtwagen naar bouwplaats (*TransVleNB*) en Transport lege vrachtwagen naar centrale (*TransVleNC*). Er wordt dus binnen het model rekening gehouden met het feit dat de transporttijd vanaf de asfaltcentrale naar het project en weer terug verschillend kunnen zijn. De eis om aan de activiteit 'transport volle vrachtwagen naar bouwplaats' te starten is dat de vrachtwagen geladen is bij de asfaltcentrale, daarom dient deze activiteit dus het laden bij de asfaltcentrale op te volgen. Ditzelfde geldt voor de activiteit 'Transport lege vrachtwagen terug naar asfaltcentrale' alleen dan dient de vrachtwagen leeg te zijn en dus Ontvangen van mix op te volgen (zie Tabel 8).

Voorwaarden om te starten	Activiteit	Output van activiteit
- vrachtwagen met mix in centrale	transport volle vrachtwagen naar bouwplaats	- vrachtwagen met mix op bouwplaats
- lege vrachtwagen na lossen	transport lege vrachtwagen terug naar asfaltcentrale	- lege vrachtwagen in asfaltcentrale

Tabel 8: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van het transport in de praktijk (Boenders, 2008)

Het transport van het asfalt tussen de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie bestaat enkel uit de tijd die het kost om te verplaatsen tussen de twee locaties. Er zijn er geen andere activiteiten die onderdeel uitmaken van het transport van het asfalt.

3.2.3. Ontvangen van mix



Figuur 24: Model ontvangen mix

Het model voor het ontvangen van de mix is weergegeven in Figuur 24. Het ontladen van de mix is een combi-activiteit, deze activiteit start pas als aan de volgende voorwaarden voldaan wordt: minimaal één volle vrachtwagen (*VrachtWVolA*), de hopper (*BeschHopper*) en er dient personeel ter ondersteuning (*OntlM*) beschikbaar te zijn (zie Tabel 9). Er kan slechts één vrachtwagen te gelijk lossen, de tijd die een vrachtwagen moet wachten tot de hopper beschikbaar is wordt geregistreerd. Het asfalt dat

gelost is, wordt verplaatst naar de queue *MixOntl* verplaatst. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat er altijd gelost kan worden als de hopper beschikbaar is, dit terwijl er diverse factoren zijn (zie paragraaf 2.2) die beïnvloeden of een vrachtwagen kan lossen.

Voorwaarden om te starten	Activiteit	Output van activiteit
- vrachtwagen met mix - lege hopper - los personeel	lossen mix	- mix in hopper - lege vrachtwagen - los personeel beschikbaar

Tabel 9: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van ontvangen mix in de praktijk (Boenders, 2008)

Zoals aangegeven in paragraaf 2.2, zijn er een aantal factoren die de lostijd van de vrachtwagens beïnvloedt. De belangrijkste factoren die de lostijd van een vrachtwagen bij de asfaltspreidmachine beïnvloeden zijn de capaciteit van de asfaltset en de productiviteit (het aantal tonnen per uur) van de asfaltspreidmachine. De productiviteit van de asfaltspreidmachine wordt beïnvloed door de snelheid van de asfaltspreidmachine en de projecteigenschappen. Ten behoeve van de logistieke cyclus is het noodzakelijk om de asfaltverwerking te verwerken binnen het model. Om een indicatie te krijgen van de kwaliteit die geleverd wordt binnen het uitvoeringsproces, is het noodzakelijk om de stilstand van de asfaltspreidmachine in het model te registreren.

3.2.4. Rij- en rusttijdenbesluit

Gedurende de interviews is naar voren gekomen dat het rij- en rusttijdenbesluit als een grote invloedsfactor op de logistieke cyclus wordt gezien. Uit de analyse van de verplaatsing van de vrachtwagens (zie paragraaf 2.4) is gebleken dat niet alle vrachtwagenchauffeurs expliciet hun rust pakken, echter als dit wel gebeurt dit altijd bij de asfaltcentrale. De reden dat de chauffeurs pauzeren op bij de asfaltcentrale is omdat hier vaak meer ruimte beschikbaar is om de vrachtwagens te parkeren dan op de verwerkingslocatie. Dat niet elke chauffeur een pauze neemt houdt niet in dat er niet voldaan wordt aan het rij- en rusttijdenbesluit, in het geval van de A6 waren de wachttijden op de verwerkingslocatie dermate hoog dat de chauffeurs voldoende rust kregen.

Bij het plannen van de werkzaamheden dien je echter geen rekening te houden met hoge wachttijden, dit omdat hoge wachttijden van de vrachtwagens duiden op een inefficiënte planning van de logistieke cyclus. Op basis van de interviews, dataverzamelingen en het rij- en rusttijdenbesluit is het dus noodzakelijk dat binnen het simulatiemodel het rij- en rusttijdenbesluit verwerkt wordt.

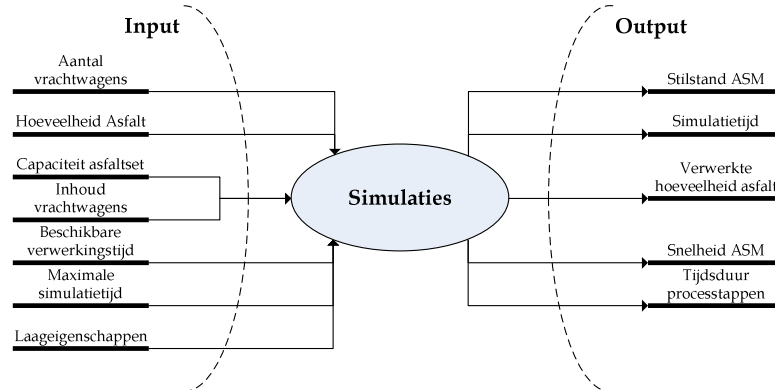
3.3. In- en Output simulatiemodellen

Bij het uitvoeren van de simulaties zijn er twee belangrijke factoren, namelijk de input voor het model en de simulatie output. De benodigde input en de gewenste output is weergegeven in Figuur 25.

Binnen de input worden de randvoorwaarden voor de simulaties geformuleerd, door de input te wijzigen kan er een andere uitvoeringsmethode gesimuleerd worden. Door middel van een itera-

tief proces kan een optimale balans tussen de logistieke cyclus en de uitvoeringseigenschappen gezocht worden.

De output definieert het resultaat van de simulaties, aan de hand van de output kan beoordeeld worden of de juiste uitvoeringswijze is gekozen en of er verbeterpunten mogelijkheden zijn.



Figuur 25: Overzicht in- en output

De meeste termen die in Figuur 25 voor de input en output gebruikt zijn spreken voor zich. Een aantal wordt gedefinieerd in Tabel 10.

Term:	Definitie:
Beschikbare verwerkingstijd	De tijd die beschikbaar is voor het verwerken van het asfalt op de verwerkingslocatie.
Maximale simulatietijd (input)	De tijd die beschikbaar is voor het logistieke proces, dit is dus verwerkingstijd + schatting transporttijd tussen AC en verwerkingslocatie t.b.v. de 1 ^e rit.
Capaciteit asfaltset	De hoeveelheid asfalt in tonnen die de asfaltset in zijn geheel op voorraad kan hebben, dit is de capaciteit van de hopper en de eventuele Shuttle Buggy gezamenlijk.
Laageigenschappen	De projectspecifieke eigenschappen van de aan te asfaltconstructie, deze is opgesplitst in de breedte, dikte en aanvangsdichtheid van de constructie t.b.v. het asfaltverbruik.
Stilstand ASM	Het aantal keer en de gemiddelde tijd dat de asfaltspreidmachine stil komt te staan t.g.v. een te kort aan asfaltmengsel in de asfaltset.
Snelheid ASM	De snelheid waarop de asfaltspreidmachine het asfaltmengsel verwerkt, hierbij wordt zowel het aantal ton per uur als de meters per minuut weergegeven.
Tijdsduur processtappen	De gemiddelde duur van de activiteiten die binnen het simulatiemodel uitgevoerd worden, bijvoorbeeld gemiddelde wachttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie.
Simulatietijd (output)	De totale gesimuleerde werkdag, dit is vanaf het moment dat de eerste vrachtwagen geladen is tot en met het moment dat de totale hoeveelheid geplande hoeveelheid asfalt verwerkt is of als de maximale simulatietijd (input) bereikt is.

Tabel 10: Definities in- en output

3.4. Verbeterpunten simulatiemodellen

Aan de hand van de invloedsfactoren (zie hoofdstuk 2) en de analyse van het bestaande simulatie model (zie paragraaf 3.2), zijn er een aantal probleempunten binnen de simulatiemodellen te definiëren:

- Aan het begin van de werkdag beginnen al de vrachtwagens in de wachtrij voor de asfaltcentrale, hierdoor ontstaan hoge wachttijden voor de asfaltcentrale terwijl deze in de praktijk niet aanwezig zijn;
- Binnen het model wordt er geen invulling gegeven aan het rij- en rusttijden besluit;
- Na het lossen van de vrachtwagen rijden de vrachtwagens direct weer terug naar de asfaltcentrale, dit terwijl in de praktijk de vrachtwagenchauffeur eerst zijn vrachtwagen nog moet schoonmaken;
- De verwerkingssnelheid van het asfalt wordt niet meegenomen binnen het model, dit terwijl dit een grote invloed heeft op de los- en wachttijd van de vrachtwagens;
- Een belangrijk kwaliteitsaspect binnen de asfaltverwerking is de stilstand van de asfaltspreidmachine, deze wordt binnen het model niet geregistreerd;

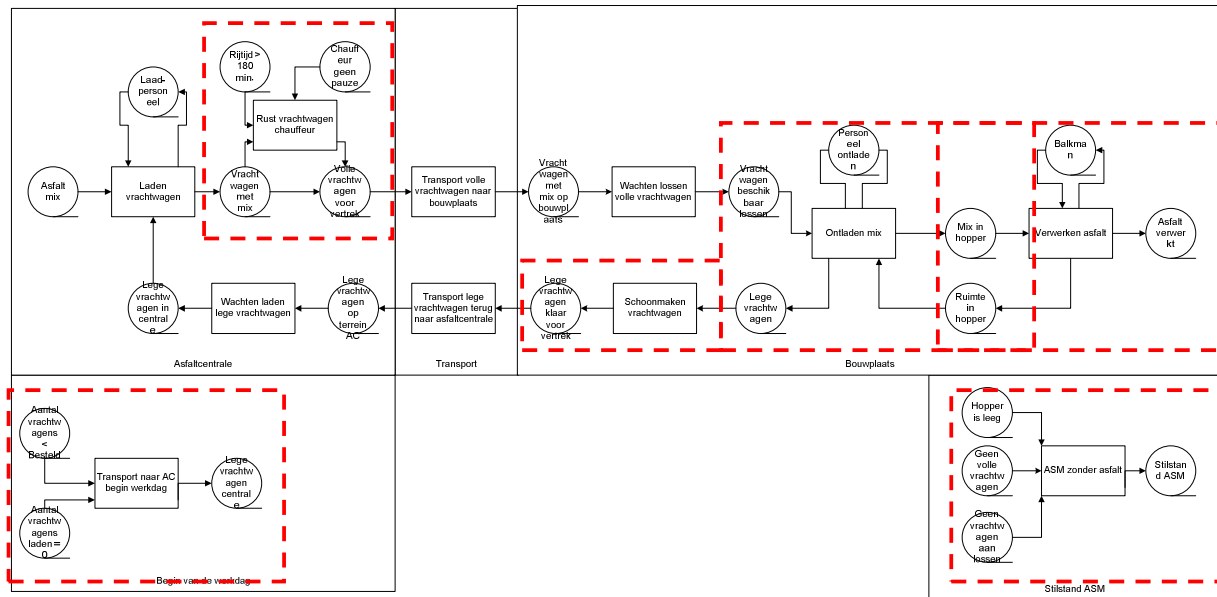
In de interviews is naar voren gekomen dat de productie- en buffercapaciteit van de asfaltcentrale zelden een probleem vormt tijdens de werkdag. Bij het inplannen van de asfaltwerkzaamheden wordt er rekening gehouden met de mogelijkheden bij de asfaltcentrale. Hierdoor zou het enkel in geval van calamiteiten en bij hoge uitzondering mogelijk kunnen zijn dat er onvoldoende asfalt beschikbaar is. Het is dan ook naar mijn inzicht niet zinvol uit te gaan van een incidentele situatie bij het plannen van de asfaltlogistiek en daarom wordt dit bij het simulatiemodel buiten beschouwing te laten. Het is namelijk geen wenselijke situatie als er extra vrachtwagens ingepland moeten worden voor het geval dat er een fout is gemaakt bij de asfaltcentrale, hierdoor krijg je alleen maar extra hoge wachttijden van de vrachtwagens wat de productiviteit niet ten goede komt.

Op basis van de gedefinieerde probleempunten zijn een aantal activiteiten met hun voorwaarden en uitkomsten opgesteld in Tabel 11. Aan de hand van deze activiteiten is het Activity Cycle Diagram (ACD) van Boenders(2008) aangepast, deze zal dienen als basis voor het verbeteren van het simulatiemodel.

De aangepaste ACD is weergegeven in Figuur 26, daarbij zijn de activiteiten die toegevoegd zijn rood omkaderd.

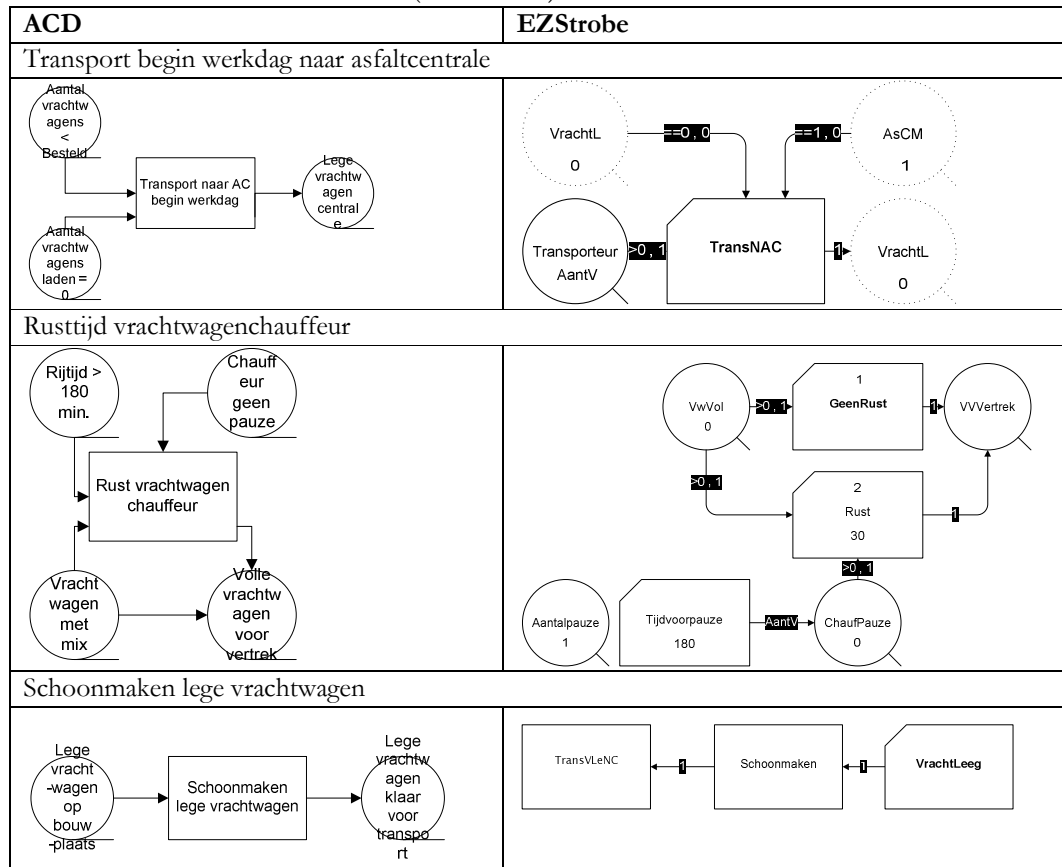
Voorwaarden om te starten	Activiteit	Output van activiteit
- Geen vrachtwagen aan het laden - Niet alle bestelde vrachtwagens geladen	Transport begin werkdag naar asfaltcentrale	- Lege vrachtwagen op centrale
- Geladen vrachtwagen - Rijtijd langer dan 180 min. - Chauffeur geen rusttijd gehad	Rust vrachtwagenchauffeur	- Volle Vrachtwagen klaar voor vertrek
- Lege vrachtwagen op bouwplaats	Schoonmaken vrachtwagen	- Lege vrachtwagen vertrekt vanaf bouwplaats naar asfaltcentrale
- Geen asfalt in hopper - Geen volle vrachtwagen wacht - Geen vrachtwagen aan het lossen	Asfaltspreidmachine zonder asfalt	- Stilstand ASM
- Asfalt in vrachtwagen - Ruimte in hopper	Lossen asfalt	- Hopper vol
- Asfalt in hopper - Balkman beschikbaar	Verwerken asfalt	- Asfalt verwerkt - Ruimte in hopper

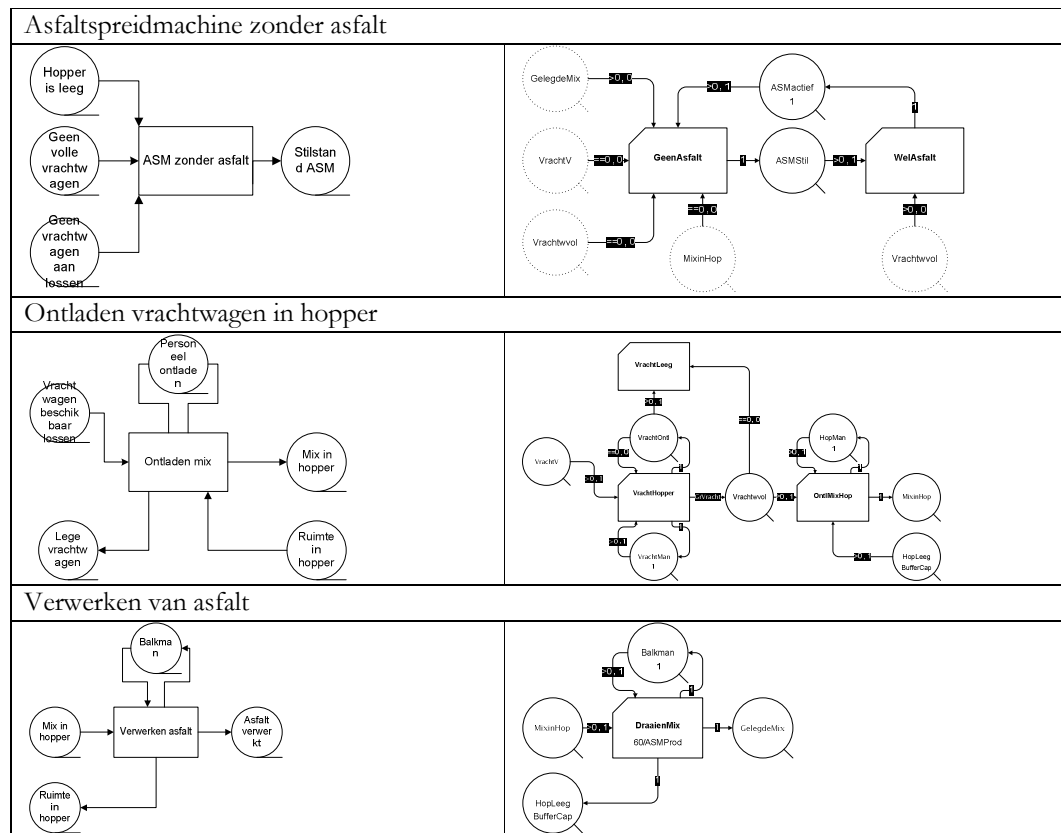
Tabel 11: Activiteiten, voorwaarden en uitkomsten van de verbeterpunten



Figuur 26: Aangepast ACD Asfaltlogistiek

De omkaderde aanpassingen die hierboven zijn weergegeven dienen vervolgens vertaald te worden naar het EZStrobe simulatiemodel, dit is uitgevoerd door de individuele aanpassingen te vertalen naar EZStrobe –elementen (zie Tabel 12).





Tabel 12: Aanpassing simulatiemodel ACD en EZStrobe formaat

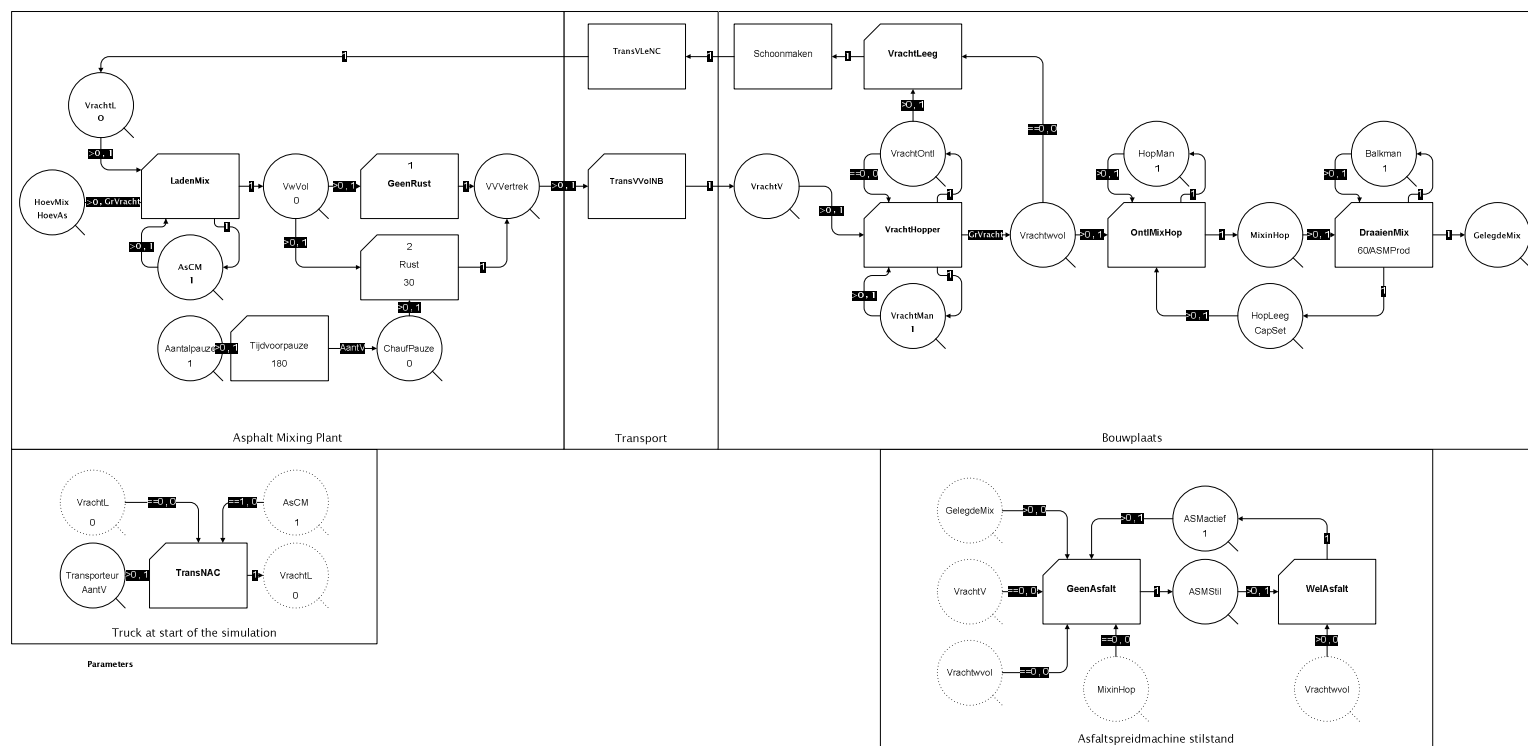
Het rij- en rusttijdenbesluit is uitgewerkt door de vrachtwagen na 180 minuten (*Tijdvoorpausē*) simuleren voor 30 minuten bij de asfaltcentrale uit het proces weg te nemen (*Rust*). Er is gekozen om na 3 uur de vrachtwagenchauffeur te laten pauzeren, zo kan voorkomen worden dat een vrachtwagenchauffeur te lang rijdt en is er toch nog enige marge om bij de asfaltcentrale te komen. Daarnaast is er vanuit gegaan dat de chauffeur de overige 15 minuten in de loop van de dag krijgt op de verwerkingslocatie.

Het ontladen van de vrachtwagen is uitgewerkt door de gehele inhoud van de vrachtwagen d.m.v. een combiactiviteit (*VrachtHopper*) in een wachtrij te plaatsen (*Vrachtwvwl*). Op basis van de capaciteit van de asfaltset wordt het mengsel vervolgens middels een combiactiviteit (*Ontl-MixHop*) in de hopper geladen (*MixinHop*). Als er asfalt in de hopper aanwezig is wordt deze vervolgens verwerkt, de snelheid waarmee dit gebeurt wordt bepaald op basis van de beschikbare verwerkingstijd en de totale hoeveelheid te verwerken asfalt. De verwerking is uitgewerkt door een ton asfalt uit de hopper te halen en deze te verwerken m.b.v. een combiactiviteit (*DraaienMix*), door een ton asfalt te verwerken komt er weer ruimte beschikbaar in de hopper (*HopLeeg*). Door de capaciteit van de hopper en de capaciteit van de Shuttle Buggy bij elkaar op te tellen en als capaciteit van de asfaltset te gebruiken is het mogelijk om de toepassing van een Shuttle Buggy te simuleren.

Op basis van een “dummy activiteit” wordt de stilstand van de asfaltspreidmachine gecontroleerd. Een dummy activiteit, is een activiteit zonder tijdsduur en verbruikt geen middelen. Een dummy activiteit zorgt ervoor dat verschillende middelen (in de vorm van wachtrijen) op een logische manier met elkaar verbonden kunnen worden.

De stilstand van de ASM is uitgevoerd met behulp van een combi -activiteit (*Geen.Asfalt*), hiermee wordt gecontroleerd of er nog asfaltmengsel op de verwerkingslocatie aanwezig is. Als er geen onverwerkte asfalt aanwezig wordt een wachtrij (*ASMStil*) aangevuld die aangeeft dat de asfaltspreidmachine stilstaat. Vervolgens kan in de simulatie output afgelezen worden hoe vaak en hoe lang de asfaltspreidmachine gemiddeld stil staat.

3.5. Aangepaste simulatie model



Figuur 27: Aangepast simulatie model

De aanpassingen die beschreven zijn in paragraaf 3.4 zijn verwerkt in het basismodel (zie Figuur 27), op basis van dit model is het mogelijk om de uitvoering van één laag asfalt vanaf één asfaltcentrale te simuleren. Hierbij geldt dat het simulatiemodel start vanaf de asfaltcentrale, hiervoor is gekozen omdat het transport pas betaald wordt vanaf het moment dat de vrachtwagen geladen wordt. Het model eindigt op het moment dat de geplande hoeveelheid asfalt verwerkt is of dat de maximale simulatie duur verstreken is. Bij het bepalen van de maximale simulatieduur is het van belang dat er rekening gehouden wordt met: de maximale verwerkingstijd, de rijtijd die het kost voor de eerste vrachtwagen om op de verwerkingslocatie te komen en het rij- en rusttijdenbesluit.

Met het simulatiemodel is het mogelijk om een variant te maken waarbij het asfalt verwerkt wordt door twee asfaltspreidmachines, dit is gedaan door een tweede asfaltspreidmachine toe te voegen in het model. Dit is uitgevoerd door de activiteiten gerelateerd aan het verwerken van het asfalt te kopiëren. Er is hierbij echter nog ruimte voor verbetering mogelijk, aangezien bij de toepassing van twee asfaltspreidmachines het wenselijk is dat deze allebei dicht op elkaar hun werkzaamheden uitvoeren. De reden hiervoor is dat het asfalt van beide stroken dan dezelfde temperatuur heeft, door “warm in warm” te asfalteren wordt de kwaliteit van de langsnaad verhoogd.

In dit ontwikkelingsproces zijn een aantal aspecten aangepast in het simulatiemodel, het is daarom zinvol om nogmaals kritisch te kijken naar het vernieuwde simulatiemodel. Hierbij is er onderzocht wat de sterke, zwakke en verbeterpunten van het simulatiemodel zijn. Uit de analyse zijn de volgende sterke punten naar voren gekomen:

- Door toepassing van statistische verdelingen wordt het stochastische effect meegenomen binnen de duur van activiteiten;
- Stilstand van de asfaltspreidmachine wordt goed geregistreerd binnen het simulatiemodel, hierdoor komt de focus bij het plannen van de asfaltlogistiek te liggen op het kwaliteitsaspect;
- De lostijd van de vrachtwagens is afhankelijk van de capaciteit van de gehele asfaltset, hierdoor is het mogelijk om het effect van een grotere hopper of Shuttle Buggy te onderzoeken;
- Door de vrachtwagens niet meer te laten starten in de wachtrij voor de asfaltcentrale, wordt er een nauwkeurigere registratie van de wachttijden van de vrachtwagen gerealiseerd;
- Binnen de verwerking van het asfalt wordt er uit gegaan van een continue snelheid van de asfaltspreidmachine, met het oog op de kwaliteit van de asfaltverwerking moet er altijd gestreefd worden naar een continue snelheid.

Zwakke punten van het simulatiemodel:

- Voor de inhoud van de vrachtwagens wordt gerekend met een gemiddelde inhoud van de vrachtwagen i.p.v. de inhoud van de vrachtwagens individueel;
- De simulatie stopt als aan één van de volgende twee voorwaarden voldaan is: Het asfalt is volledig verwerkt door de ASM of de maximale simulatietijd is bereikt. De vrachtwagens vervolgen echter de logistieke cyclus (ook als er geen asfalt meer in de AC aanwezig is) en komen dan stil te staan in de wachtrij voor de AC. Hierdoor is de wachttijd van de vrachtwagens bij de AC inaccuraat;
- Er wordt binnen het simulatiemodel geen rekening gehouden met de variatie in het verwerkingsproces. De variatie in het verwerkingsproces wordt veroorzaakt door onderbrekingen in de vorm van o.a. inritten, putdeksels of het einde van de strook. Binnen het simulatiemodel wordt uitgegaan van een continue gemiddelde verwerkingssnelheid;

Mogelijkheden voor verdere ontwikkeling van het simulatiemodel:

- De mogelijkheid om één asfaltspreidmachine te voeden vanuit twee verschillende asfaltcentrales;
- De mogelijkheid om twee asfaltspreidmachines te voeden van uit twee verschillende asfaltcentrales;
- De mogelijkheid om ervoor te zorgen dat twee of meer asfaltspreidmachines op elkaar wachten t.b.v. een warme langsnaad;
- De invloed van het werkvak op de variatie in de productiviteit van de asfaltspreidmachine;
- Invloed van de drukte op de asfaltcentrale op de wachttijd van de vrachtwagens voordat deze kunnen laden bij de asfaltcentrale.

3.6. Analyse van de simulatieresultaten

Binnen het onderzoek zijn er een aantal simulaties uitgevoerd op basis van de geanalyseerde projecten. Hierbij is er onderscheid gemaakt tussen de daadwerkelijke uitvoeringssituatie en een situatie waarbij er een optimalisatie plaats vindt in de uitvoeringsparameters. De belangrijkste

verschillen tussen deze twee situaties worden veroorzaakt door de productiecapaciteit van de asfaltspreidmachine, uitvoeringsduur (in de vorm van simulatietijd) en het aantal vrachtwagens. Binnen de analyse van de simulaties is er gekeken naar de volgende aspecten:

- Duur van de werkdag;
- Hoeveelheid verwerkt asfalt;
- Stilstand van de asfaltspreidmachine (aantal en eventueel gem. tijdsduur); en
- Wachttijden van de vrachtwagens.

Voor de betrouwbaarheid van de simulatie output is het van belang dat er voldoende simulaties runs uitgevoerd worden. In de literatuur wordt aangegeven dat er nooit minder dan 10 simulaties uitgevoerd mogen worden. Het optimale aantal runs ligt tussen de 10 en 30 simulatie runs (Schmeiser(1982) geciteerd door AbouRizk and Halpin(1990)). Binnen dit onderzoek worden er 30 simulatie runs uitgevoerd om zodoende de betrouwbaarheid van de simulatieoutput te kunnen garanderen.

3.6.1. Analyse van de simulaties

Allereerst zijn er simulaties uitgevoerd aan de hand van de input en randvoorwaarden van de daadwerkelijk uitgevoerde werkzaamheden (zie Tabel 13). Aan de hand van deze simulaties is geanalyseerd of het model een goede weergave is van de daadwerkelijke uitvoering van de projecten.

	Aziëhavenweg	A6		A10	Bennekomsesteeg
		Dag 1	Dag 2		
Benodigde hoeveelheid asfalt	835 ton	960 ton	755 ton	310 ton	191 ton
Effectieve verwerkingstijd	3 uur	8,5 uur	7 uur	3,5 uur	2,25 uur
Max. simulatieduur	3,25 uur	9,75 uur	8,25 uur	4 uur	3 uur
Productiviteit asfaltspreidmachine [ton/uur]	280	113	108	45	85
Capaciteit van asfaltset	30 ton	7 ton		6 ton	10 ton
Aantal vrachtwagens gebruikt	4	14	11	8	7

Tabel 13: Randvoorwaarden simulaties

Daarnaast is ook onderzocht of er een optimalisatie mogelijk is van de uitgevoerde werkzaamheden, hierbij is er onderzoek gedaan naar optimalisaties vanuit de volgende standpunten:

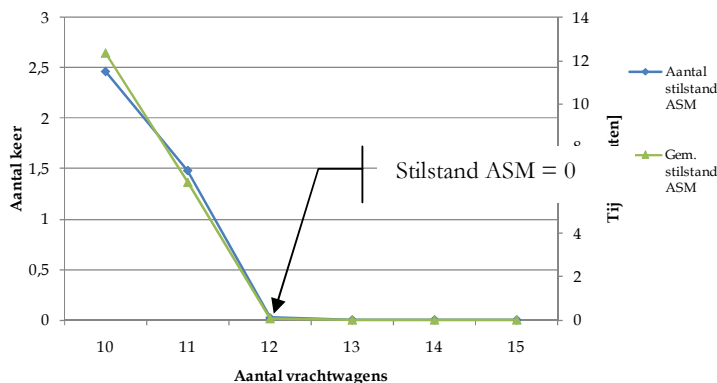
- Productiviteit Asfalt moet binnen de werkdag verwerkt worden met de inzet van minimaal materieel waarbij de efficiëntie zo hoog mogelijk is;
- Kwaliteit Asfaltspreidmachine mag gedurende de werkdag niet stil komen te staan, efficiëntie van materieel is van ondergeschikt belang;
- Balans Hierbij wordt er gezocht naar de balans tussen de kwaliteit en de productiviteit. Hierbij is een en kleine hoeveelheid stilstand geoorloofd (aantal keer $\leq 0,5$ keer en gem. stilstand ≤ 15 min). Deze stilstand kan dan gebruikt worden voor de rust van de asfaltploeg.

A6 afslag 11 Lelystad –noord

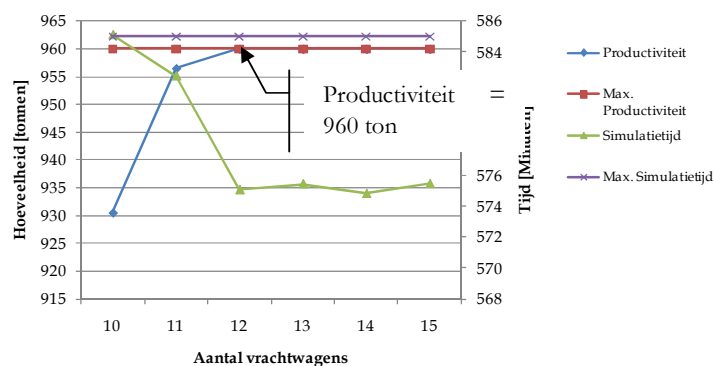
Op basis van de randvoorwaarden van de daadwerkelijke uitgevoerde werkzaamheden(zie Tabel 13) zijn een aantal simulaties uitgevoerd. De resultaten van de simulaties zijn weergegeven in Grafiek 4 en Grafiek 5, op basis van het kwaliteitsuitgangspunt dient er rekening gehouden te worden met:

- Frequentie van stilstand en de gemiddelde stilstand van de asfaltspreidmachine van 0; en
- Er moet minimaal 960 ton asfalt verwerkt worden.

Als gekeken wordt naar de simulatieresultaten kan geconcludeerd worden dat er minimaal 12 vrachtwagens nodig zijn om aan de randvoorwaarden te voldoen. Dit aantal is significant minder dan het aantal dat ingezet is tijdens de daadwerkelijke uitvoering.



Grafiek 4: Stilstand ASM



Grafiek 5: Productiviteit dag 1 A6 uitgevoerde werkzaamheden

Aan de hand van de randvoorwaarden die beschreven zijn in Tabel 13 zijn de simulaties van alle geanalyseerd projecten uitgevoerd. De simulatieoutput (zie Bijlage E) is vervolgens geanalyseerd zoals beschreven in het voorbeeld van de A6. De resultaten van deze analyses zijn weergegeven in Tabel 14.

	Gebruikt aantal	Productiviteit	Kwaliteit	Balans
Aziëhavenweg	4	3	5	4
A6 dag 1	14	11	12	12
A6 dag 2	11	10	12	11
A10	8	6	6	6
Bennekomssesteeg	7	6	7	7

Tabel 14: Aantal vrachtwagens aan de hand de simulaties

Binnen de simulatie van de Aziëhavenweg is het niet mogelijk om de ASM exact 0 keer stil te laten staan dit komt door de beperking vanuit de statistische distributie van het laden van het asfalt in de hopper. Hiervoor is de lostijd per ton van de Aziëhavenweg gebruikt, doordat de ASM tijdens de uitvoering van de werkzaamheden een aantal keer stil gestaan heeft is het niet mogelijk om de stilstand binnen het simulatiemodel op 0 te krijgen.

Bij de simulaties van de A6 is er uitgegaan van een simulatietijd die hoger is dan een normale werkdag van 8 uur. Dit houdt dus in dat bij het plannen van deze werkdag er al rekening wordt gehouden met overwerk, dit is geen wenselijke situatie. Daarom zullen er nogmaals simulaties uitgevoerd worden m.b.t. de A6, waarbij een optimalisatie van het proces zal plaats vinden. Hierbij wordt er uitgegaan van een effectieve verwerkingstijd van 7 ½ uur, er is gekozen voor deze verwerkingstijd zodat er nog tijd beschikbaar is aan het begin en einde van de werkzaam-

heden voor andere activiteit zoals opruimwerkzaamheden. De randvoorwaarden voor deze simulaties worden weergegeven in Tabel 15, binnen de optimalisatie voor de A6 is er onderscheid gemaakt in twee situaties:

- Op allebei de verwerkingsdagen wordt dezelfde hoeveelheid asfalt verwerkt. Dit komt neer op allebei de dagen: $(960+755)/2 = 860$ ton; en
- De oorspronkelijke hoeveelheid asfalt per dag wordt verwerkt onder nieuwe randvoorwaarden.

	Identieke dagen	Oorspronkelijke hoeveelheid	
		Dag 1	Dag 2
Benodigde hoeveelheid asfalt	860 ton	960 ton	755 ton
Effectieve verwerkingstijd	7,5 uur		
Max. simulatieduur	8,75 uur		
Capaciteit van asfaltset	7 ton		

Tabel 15: Randvoorwaarden optimalisatie A6

In Tabel 16 zijn de simulatieresultaten van de geoptimaliseerde werkzaamheden weergegeven, hierbij is er evenals bij de uitgevoerde werkzaamheden onderscheid gemaakt tussen verschillende uitgangspunten. Als er de vergelijking gemaakt wordt tussen de daadwerkelijke uitvoering (langere werkdag) en de optimalisatie (normale werkdag) blijkt dat er vanuit het balans uitgangspunt er minder vrachtwagens nodig zijn om dezelfde werkzaamheden uit te voeren. Dit wordt gerealiseerd door een hogere productiviteit van de asfaltspreidmachine wat als eindresultaat heeft dat de wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie lager uitvallen.

	Gebruikt aantal	Productiviteit	Kwaliteit	Balans
Identieke dagen	n.v.t.	12	12	12
Dag 1	14	13	14	13
Dag 2	11	10	12	11

Tabel 16: Resultaat optimalisatie A6

Aan de hand van de simulaties kan het volgende geconcludeerd worden:

- Om te voorkomen dat de asfaltspreidmachine stil komt te staan (kwaliteitsuitgangspunt) is het vaak nodig om ten opzichte van het productiviteitsuitgangspunt minimaal één extra vrachtwagen in te zetten. Deze extra vrachtwagen vertaalt zich in hogere wachttijden voor de vrachtwagens op de bouwplaats;
- Vanuit het balans uitgangspunt lijkt het erop dat in veel gevallen (Aziëhavenweg, A6 Dag 1 en A10) meer vrachtwagens zijn ingezet dan benodigd zijn voor de uitvoering van de werkzaamheden.
- Als er minder doorlooptijd beschikbaar is, is het noodzakelijk om meer vrachtwagens in te zetten;
- De wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie zijn relatief hoog, de oorzaak hiervan is de modellering van het proces. Binnen het model wordt er uit gegaan van het feit dat de vrachtwagens direct na elkaar geladen worden, terwijl in de praktijk dit niet altijd het geval is. Er valt echter wel winst te boeken op dit vlak door het laadproces in de praktijk strakker aan te sturen, aangezien de laadtijd bij de asfaltcentrale nagenoeg altijd korter is dan de lostijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine.

3.7. Simulatie output validatie

De output van de simulaties wordt beoordeeld door de simulatieoutput te onderzoeken op normaliteit. Om de normaliteit van de stochastische simulatie output te toetsen op normaliteit wordt er gebruik gemaakt van de Shapiro-Wilk test. Binnen de Shapiro-Wilk test wordt de volgende berekening uitgevoerd (Shapiro and Wilk, 1965): $W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i X_i)^2}{(n-1)S^2}$, $0 < W < w$

Hierbij geldt dat a_i is de normaliteit regressie coëfficiënt; $X_i = i^e$ gegeven uit geordende waarnemingen; S = variatie van de waarnemingen; n = aantal waarnemingen; en w = kritieke waarde. Waarbij de regressie coëfficiënt en de kritieke waarde afgelezen worden uit tabellen van een statistiekboek.

De resultaten van de Shapiro-Wilk test zijn weergegeven in Tabel 17, als deze waarden vergeleken worden met de kritieke waarde ($w = 0,947$) kan geconcludeerd worden dat de simulatie output normaal verdeeld is.

	Gem. Schoon- maken	Gem. Tijd Laden	Gem. Tijd TransL	Gem. Tijd TransV	Gem. Wacht VrachtL	Gem. Wacht VrachtV
Aziëhavenweg	-	0,9688	0,9699	0,9723	0,9522	0,9743
A6 27/5	0,9672	0,9785	0,9638	0,9860	0,9582	0,9644
A6 28/5	0,9605	0,9630	0,9601	0,9386	0,9817	0,9643
A10	0,9807	0,9840	0,9857	0,9578	0,9577	0,9728
Wageningen	0,9769	0,9816	0,9791	0,9573	0,9599	0,9737

Tabel 17: Resultaten Shapiro-Wilk test A6

3.8. Samenvatting en conclusies

Binnen dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van EZStrobe, dit is eenvoudige maar krachtige simulatiesoftware gericht op het simuleren van bouwprocessen. Op basis van de gegevens betreffende de logistieke cyclus (zie hoofdstuk 2) is een bestaand simulatiemodel (Boenders, 2008) geanalyseerd. Op basis van deze analyse zijn een aantal verbeterpunten opgesteld en verwerkt in een vernieuwd simulatiemodel. Door deze verbeteringen is het simulatiemodel een betere weerspiegeling van de asfaltlogistiek in de praktijk. De volgende punten zijn verbeterd aan het simulatiemodel:

- Verbetering van het begin van de werkdag voor de vrachtwagens bij de asfaltcentrale;
- Toevoeging van het rij- en rusttijdenbesluit;
- Toevoeging van de activiteit schoonmaken;
- Toevoeging van de verwerking van asfalt op de verwerkingslocatie, op basis van de snelheid en capaciteit van de asfaltset; en
- Registratie van de stilstand van de asfaltspreidmachine.

Het vernieuwde simulatiemodel heeft de volgende mogelijkheden, sterke en zwakke punten (zie paragraaf 3.5):

Sterktes:

- Stochastisch effect;
- Stilstand ASM;
- Capaciteit asfaltset (toepassing Shuttle Buggy mogelijk);
- Wachttijden AC;
- Continue snelheid ASM.

Zwakten:

- Gemiddelde inhoud vrachtwagen;
- Logistieke cyclus loopt door als AC leeg is;
- Invloed werkvak op ASM ontbreekt.

Mogelijkheden:

- Voeden vanuit twee AC;
- Verbeteren “warm in warm” asfalteren;
- Invloed van werkvak toevoegen;
- Invloed drukte op AC toevoegen.

Op basis van de projecten waarbij de praktijkmetingen zijn uitgevoerd, zijn een aantal simulaties uitgevoerd. Hierbij zijn diverse situaties nagebootst en is de simulatieoutput vanuit verschillende uitgangspunten (productiviteit, kwaliteit en balans) geanalyseerd. Op basis van deze analyses kan het volgende geconcludeerd worden:

- Om stilstand van de ASM te voorkomen (kwaliteitsuitgangspunt bij het plannen) is het noodzakelijk om minimaal één vrachtwagen meer in te zetten t.o.v. productiviteitsuitgangspunt.
- Het aantal vrachtwagens dat benodigd is (het aantal vrachtwagens dat daadwerkelijk ingezet is tijdens de dataverzameling) wordt op basis van het balansuitgangspunt vaak overschat;
- Verkorting van de doorlooptijd leidt niet alleen tot een hogere productiviteit van de ASM, maar vraagt om de inzet van meer vrachtwagens;
- Binnen het model worden relatief hoge wachttijden van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie gesignaleerd. De oorzaak hiervan is te relateren aan de opzet van het model. Er kan echter wel geconcludeerd worden dat voor een efficiënt proces in de praktijk het noodzakelijk is om de start van de werkdag strak te organiseren.

4. Bruikbaarheid simulatiemodel

In de voorgaande hoofdstukken heeft de nadruk gelegen op de logistieke cyclus en de vertaling hiervan naar het simulatiemodel. In dit hoofdstuk zal aangegeven worden hoe het simulatiemodel bruikbaar is voor het plannen van de asfalteringswerkzaamheden en hoe er eenvoudig data kan verzameld kan worden om ervoor te zorgen dat de statistische basis actueel blijft. Onder bruikbaarheid wordt in dit kader bedoeld geschikt(heid) voor het (dagelijks) gebruik.

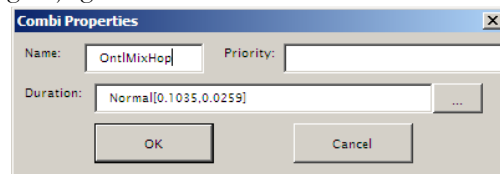
Het is noodzakelijk om aandacht te besteden aan de bruikbaarheid, omdat:

- De interface van EZStrobe toelichting vereist;
- De manier van plannen anders is dan de traditionele planningsmethode; en
- Er dienen gegevens verzameld te worden om het model accuraat te houden.

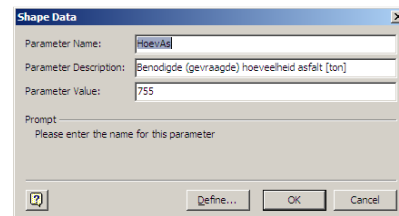
4.1. Interface EZStrobe software

De software is zoals eerder aangegeven een add-in voor Microsoft Visio. Doordat er binnen de interface van Visio er geen rekening is gehouden met de toevoeging van EZStrobe, is de interface van EZStrobe niet altijd intuïtief uitgewerkt.

Het wijzigen van de tijdsduur van activiteiten (zie Figuur 28) en input variabelen (zie Figuur 29) dient te gebeuren in een pop-up scherm dat bereikt kan worden door te dubbel klikken op het element dat gewijzigd dient te worden. Vervolgens kunnen in dit scherm de benodigde gegevens gewijzigd worden.



Figuur 28: Wijzigen tijdsduur activiteiten



Figuur 29: Wijzigen input variabelen

De simulaties kunnen gestart worden door met de rechter muisknop op een vrije locatie in het werkblad te klikken en voor de optie Run Simulation te kiezen. In het vervolg scherm kan dan de simulatie gestart worden, hierbij bestaat er nog de keuze om de simulaties uit te voeren met weergave van animaties.

Het nadeel van deze interface is dat alles handmatig gewijzigd moet worden en niet intuïtief is uitgewerkt. Hierdoor is het omslachtig om sommige instellingen te wijzigen, er is dus verbetering mogelijk op gebied van bruikbaarheid. Een verbetering van de interface, door het toevoegen van een grafische schil specifiek gericht op de toepassing van simulaties voor de planning valt aan te raden. Deze grafische schil moet ervoor zorgen dat het eenvoudiger wordt om de statistische verdeling en de algemene randvoorwaarden te wijzigen.

4.2. Planningsmethodiek

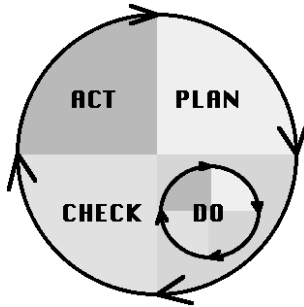
Binnen deze paragraaf wordt aangegeven hoe het simulatiemodel gebruikt kan worden voor het plannen van de asfaltlogistiek. Dit is noodzakelijk omdat deze methode afwijkt t.o.v. de traditionele planningsmethode.

Er zal aangegeven worden hoe het iteratieve planningsproces werkt, hiervoor is het noodzakelijk aandacht te besteden aan de input variabelen, tijdsduur van activiteiten en de analyse van de output.

4.2.1. Iteratief proces

Een iteratief proces is een herhalend proces, waarbij systematisch naar een optimum gezocht wordt. Uit deze definitie valt dus op te maken dat er sprake moet zijn van een optimum en bepaald systeem.

Om een optimum te bereiken moet er aan een aantal randvoorwaarden voldaan worden, dit zijn de projectvoorwaarden en de outputvoorwaarden. De projectvoorwaarden dienen als input voor het simulatiemodel (zie paragraaf 4.2.2 en 4.2.3), de outputvoorwaarden dienen als beoordelingscriteria (zie paragraaf 4.2.4). De outputvoorwaarden die in dit onderzoek gehanteerd worden zijn: kwaliteit, productiviteit en balans (zie paragraaf 3.6).



Figuur 30: Kwaliteitscirkel van Deming

Een ander criteria uit de definitie van een iteratief proces, is dat er sprake moet zijn van een systematische aanpak. De kwaliteitscirkel ontwikkeld door W.M. Deming, is een systematische benadering voor procesverbetering, die gebruikt kan worden voor het verminderen van de variabiliteit van een proces (Daft, 2006). De kwaliteitscirkel (zie Figuur 30) bestaat uit de volgende 4 stappen: Plan, Do, Check en Act. Binnen deze stappen is het ook van belang dat er continu gezocht wordt naar verbetering, in de figuur is dit grafisch weergegeven door de kwaliteitscirkel binnen de stap do.

Het planningsproces is de eerste stap uit het kwaliteitscirkel van het uitvoeringsproces, zoals dat het uitvoeringsproces ook weer een stap is uit een overkoepelend proces. Binnen de planfase is ook een kwaliteitscirkel te herkennen, deze wordt als volgt ingevuld:

- | | |
|-------|--|
| Plan | • Analyseer het te plannen project, en vul de randvoorwaarden (input) in binnen het simulatiemodel. |
| | • Stel de voorwaarden voor de simulatieoutput op. |
| Do | • Voer de simulaties uit. |
| Check | • Analyseer de simulatieoutput aan de hand van de outputvoorwaarden. |
| Act | • Wordt er niet voldaan aan de outputvoorwaarden, controleer waar de oorzaak ligt: simulatie input, outputrandvoorwaarden of projectrandvoorwaarden. Pas deze aan, waar nodig. |

De belangrijkste fase binnen het deze cirkel is in dit kader de plan –fase. Gedurende deze fase dienen de juiste voorwaarden in het simulatie model ingevoerd te worden. Als deze uit de derde fase uit de cirkel blijkt dat deze niet voldoen dan dienen deze aangepast te worden. De volgende elementen kunnen in deze fase veranderd worden:

- Verhogen of verlagen van het aantal vrachtwagens dat ingezet wordt;
- Verhogen of verlagen van de capaciteit van de asfaltset, denk hierbij aan het wel/of niet inzetten van de Shuttle Buggy of vergroten van de hopper; en
- Het wijzigen van de beschikbare verwerkingstijd, wat een langere of kortere werkdag tot gevolg heeft. Hiermee wordt indirect de snelheid van de ASM gewijzigd.

Door het proces te herhalen tot het moment dat er aan de gestelde voorwaarden voldaan wordt kan een optimale inzet van materieel (aantal vrachtwagen, samenstelling asfaltset) onder de specifieke omstandigheden (projecteigenschappen) gevonden worden.

4.2.2. Input variabelen

Binnen het simulatiemodel dienen de projectrandvoorwaarden te worden ingevuld in de vorm van input variabelen. Deze input variabelen zijn al uitgebreid toegelicht in paragraaf 3.3 en dan wel binnen het model duidelijk gedefinieerd of extra uitgelegd in paragraaf 3.3.

Een aandachtspunt is dat binnen de uitgevoerde simulaties, op basis van geanalyseerde projecten, er gebruik gemaakt is van een statistische verdeling voor de inhoud van de vrachtwagens. Deze statistische verdeling is afhankelijk van het aantal vrachtwagens dat ingezet is in relatie tot de inhoud van deze vrachtwagens. Binnen dit onderzoek wordt er gestreefd het planningsproces niet te complex te maken. Het berekenen van statistische verdelingen is een complex proces, daarom is het advies om de gemiddelde inhoud toe te passen als inhoud van de vrachtwagens. Hierdoor is ook zonder statistische kennis mogelijk om van het simulatiemodel gebruik te maken.

Een ander aandachtspunt is de capaciteit van de gehele asfaltset, op basis van deze capaciteit is het mogelijk om de toepassing van de Shuttle Buggy te simuleren. Dit is mogelijk door de capaciteit van de hopper en de capaciteit van de Shuttle Buggy bij elkaar op te tellen, bijvoorbeeld: Er wordt gebruik gemaakt van een ASM met een capaciteit van 6 ton en een Shuttle Buggy met een capaciteit 25 ton, dan dient er 31 ton als capaciteit van de gehele asfaltset gebruikt te worden.

4.2.3. Tijdsduur activiteiten

Diverse activiteiten in het proces zijn gerelateerd aan tijd, binnen het simulatiemodel wordt de tijdsduur van tijdgerelateerde activiteiten gebaseerd op statistische verdelingen. Ten behoeve van de nauwkeurigheid van de simulaties is het noodzakelijk dat de juiste statistische verdeling voor de activiteiten gekozen wordt. Binnen het model zijn de volgende activiteiten gebaseerd op een statistische verdeling:

- Laden van de vrachtwagen op de asfaltcentrale (*LadenMix*);
- Transport van de vrachtwagen naar de verwerkingslocatie (*TransVVolNB*) en naar de asfaltcentrale (*TransVLeNC*);
- Schoonmaken van de vrachtwagen op de verwerkingslocatie (*Schoonmaken*);
- Het lossen van het asfalt in de hopper (*OntlMixHop*).

In Figuur 31 is een flowchart weergegeven die ondersteuning moet bieden bij het bepalen van de statistische verdeling. Aan de hand van de flowchart zal uitgelegd worden welke stappen ondernomen dienen te worden t.b.v. de planning.

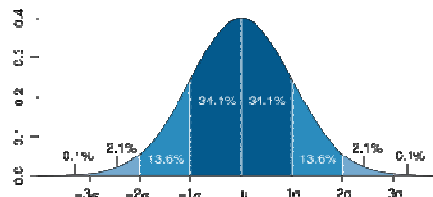
De eerste stap is het bepalen van de verdeling voor het laden van het asfalt (*Ladenmix*). Deze is afhankelijk van een aantal factoren, zo is het van belang welke AC je moet laden en situatie op de AC. Vanuit de dataverzamelingen valt op dat de projecten geladen op de ACB, allemaal verdeeld zijn volgens een Beta verdeling. De parameters van de statistische verdelingen zijn bij de drie verschillende projecten allemaal verschillend. Het verschil tussen de verschillende projecten wordt veroorzaakt door het dag(deel) dat er gewerkt wordt. Overdag (A6) heb je te maken met meerdere projecten en vaste chauffeurs, terwijl er in de nacht of weekend er vaak te maken is met een enkel project en vreemde chauffeurs.

Er dient gekeken te worden naar het dag(deel) waarin de werkzaamheden uitgevoerd worden bij het selecteren van de juiste verdeling.

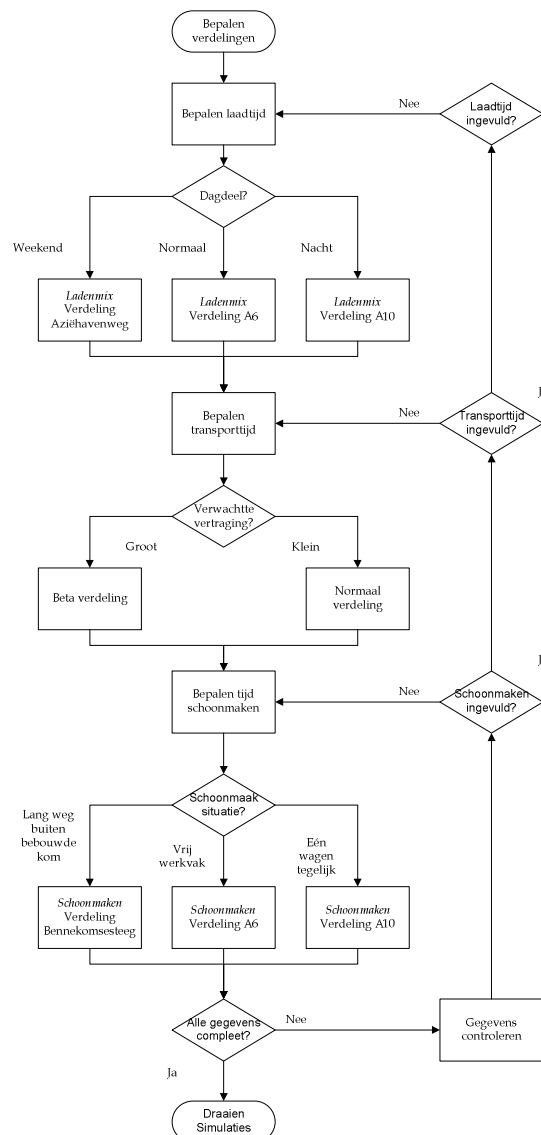
Op basis van de dataverzameling valt op dat alle relevante transport activiteiten normaal verdeeld zijn, met uitzondering van het transport op de A6 van de verwerkingslocatie terug naar de asfaltcentrale. De transportbewegingen van de Aziëhavenweg worden in dit kader als niet relevant beschouwd, aangezien hierbij sprake is van de uitzonderlijke situatie dat de verwerkingslocatie de weg is waaraan de asfaltcentrale is gevestigd. Opvallend is dat bij de afwijkende statistische verdeling voor de reistijd van de A6 er sprake is van relatief hoge vertragingen (van maximaal 30 minuten). Dit is terug te zien in het gemiddelde (heenreis 62,824 min. t.o.v. terugreis 76,690 min.) en het maximum (heenreis 69,5 min. t.o.v. terugreis 97,483 min.). In het geval dat er veel vertraging gedurende de werkdag te verwachten zijn, is het aan te raden dat er gekozen wordt voor een beta verdeling. In de andere gevallen dient er gekozen te worden voor een normale verdeling. In dit kader wordt er onder veel vertraging een vertraging van circa 30 minuten t.o.v. de te verwachten reistijd verstaan.

De parameters van de verdelingen dienen te worden aangepast naar de projectspecifieke reistijd. Bij de Beta verdeling zijn de α en de β de verantwoordelijk van de vorm van de verdeling, deze dienen dan ook niet gewijzigd te worden. De a en b dienen gewijzigd te worden, waarbij de a de minimale te verwachten reistijd is en de b de maximale te verwachten reistijd.

Bij het invullen van de normaal verdeling dient de gemiddelde reistijd gevuld te worden bij de μ en vertraging in de vorm van de standaardafwijking (σ). Opvallend is dat in de statistische analyse de maximale te verwachten vertraging (op basis van Routenet) bij benadering de het dubbele is van de standaardafwijking. Zoals in Figuur 32 te zien is, omvat 2 keer de standaardafwijking ten opzichte van de verwachtingswaarde ongeveer 95,4% van de gehele verdeling. Op basis hiervan wordt aangeraden om voor de standaardafwijking de helft van de maximale te verwachten vertraging te gebruiken.



Figuur 32: Normaal verdeling



Figuur 31: Flowchart distributies

Bij het bepalen van de transporttijd onderscheid gemaakt tussen de heenweg (van de AC naar de verwerkingslocatie) en de terugweg. Het is namelijk goed mogelijk dat op basis van de maximale te verwachten vertraging die de vrachtwagens kunnen oplopen, er verschillende verdelingen nodig zijn.

Ten behoeve van het schoonmaken van de vrachtwagens zijn er op basis van de dataverzameling drie verschillende situaties te onderscheiden. De karakteristieken van de schoonmaak situatie bepalen de geschikte verdeling voor deze activiteit. Bij de werkzaamheden aan de Bennekomsesteeg moesten de vrachtwagens langs een weg die niet afgesloten was schoonmaken, er is dus minder werkruimte voor de vrachtwagenchauffeurs. Op de A6 was er een geheel afgesloten werkvak waar de vrachtwagenchauffeurs voldoende ruimte hadden om de vrachtwagen schoon te maken. Bij de A10 was er wel voldoende ruimte echter kon er maar een chauffeur te gelijk schoonmaken doordat ze boven een bak moesten schoonmaken.

Het lossen van het asfalt in de hopper(*OntlMixHop*) is een bijzondere activiteit, er is gekozen om altijd de verdeling te kiezen die hoort bij de lostijd per ton van de Aziëhavenweg. De activiteit dient representatief te zijn voor de tijd die vrachtwagen besteed aan het lossen van één ton asfalt in de hopper. Hierbij dient de invloed van de verwerking zoveel mogelijk buiten beschouwing gelaten te worden. Het project op de Aziëhavenweg is dankzij de inzet van de Shuttle Buggy de beste benadering voor de lostijd van een ton asfalt.

4.2.4. Simulatie output

Na het uitvoeren van de simulaties worden de resultaten weergegeven in een speciaal output scherm van EZStrobe(zie Figuur 33). Voor de 30 simulatie runs worden elke keer de gegevens weergegeven waarbij vervolgens onderaan het gemiddelde, standaard deviatie, minimum en maximum over de uitgevoerde 30 simulaties wordt weergegeven. In het scherm is onder de *GemASMStil* in plaats van een getal de melding “**L.#IND**” te zien, dit is een foutmelding ten gevolge van het berekenen van een gemiddelde op basis van een aantal keer stilstand van de ASM van 0.

Run	Tot_Verwerkt	SimTijd	GemASMStil	AantalASMStil	GemWachtVrachtV
=====	=====	=====	=====	=====	=====
1	755	516.342952	L.#IND	0	90.447898
...	...	...	...	...	...
=====	=====	=====	=====	=====	=====
Average	755	516.348316	L.#IND	0	88.3214515

Figuur 33: Voorbeeld Simulatie Output

In het output scherm kan snel een impressie verkregen worden van het logistieke proces. Dit kan gedaan worden door naar de gemiddelde waarde over de 30 simulaties te kijken.

Mocht het noodzakelijk zijn om een diepgaandere analyse of berekeningen uit te voeren aan de hand van de simulatie output dan is het mogelijk om de output op te slaan. Deze kan dan binnen een spreadsheet programma geïmporteerd worden en is het mogelijk om de gegevens uitgebreid te analyseren.

4.3. Aanbevelingen voor datavoeding

De nauwkeurigheid van het simulatiemodel wordt in grote mate bepaald door de nauwkeurigheid van de statistische verdelingen. Om het simulatiemodel ook na dit onderzoek accuraat te houden, is het noodzakelijk om ervoor te zorgen dat er gegevens verzameld en geanalyseerd worden.

Het actueel houden van de statistische gegevens is essentieel, dit is nodig door het projectmatige karakter van asfaltwerkzaamheden de omgeving constant wijzigt. Binnen simulaties geldt hoe meer data er tot beschikking is, hoe accurater de weergave van de werkelijkheid binnen het simulatiemodel mogelijk is.

Binnen deze paragraaf zal er aandacht besteedt worden aan methoden die beschikbaar zijn voor de verzameling van data en adviezen met betrekking tot de datavoeding van de verschillende activiteiten uit het model.

Er zal niet aangegeven worden hoe de statistische analyse uitgevoerd dient te worden, deze kan uitgevoerd worden op basis van het proces beschreven in paragraaf 2.4.2, hierbij dient gebruik gemaakt van de spreadsheet die onder andere verder ontwikkeld is voor dit onderzoek.

4.3.1. Methode voor dataverzameling

In het kader van dit onderzoek is er al kennis is gemaakt met diverse methoden voor het verzamelen van data (zie paragraaf 2.4), binnen deze paragraaf wordt kort uiteengezet welke methoden bruikbaar zijn voor de dataverzameling. De volgende dataverzameling methoden zullen worden toegelicht:

- Handmatig;
- Softwarematig; en
- Op basis van GPS –gegevens.

Binnen de dataverzameling is het van belang dat de volgende gegevens verzameld worden:

- Laden van de vrachtwagens bij de AC;
- Transporttijd van de AC naar de verwerkingslocatie;
- Schoonmaken van de vrachtwagens; en
- Transporttijd van de verwerkingslocatie naar de AC.

Onder handmatige dataverzameling wordt verstaan dat er zonder de tussenkomst van software en speciale hardware gegevens verzameld worden. Dit houdt in dat iemand zelf de tijden registreert. De voor- en nadelen van het handmatig registreren van relevante gegevens is weergegeven in Tabel 18.

Voordelen:	Nadelen:
Eenvoudige methode.	Arbeidsintensief, meerdere personen benodigd om het gehele proces te monitoren.
	Foutgevoelig / Onnauwkeurig, kans op onoplettendheid. Dit geeft een foute tijdsregistratie.
	Registratie onderhevig aan subjectiviteit.

Tabel 18: Voor- en nadelen handmatig dataverzameling

Softwarematige dataverzameling is gericht op het verzamelen van de diverse gegevens door gebruik te maken van de diverse software oplossingen die beschikbaar zijn op de markt / binnen de onderneming. Hierbij dient gedacht te worden aan onder andere de Roadware software. De Roadware software die binnen BAM Wegen wordt toegepast, wordt niet volledig benut. Zo wordt alleen de tijd geregistreerd wanneer de vrachtwagen voor de tweede keer op de weegbrug staat, de eerste keer op de weegbrug (en dus de start van het laden) wordt niet binnen eRoutes geregistreerd.

De oplossingen zijn niet puur softwarematig, er is ook hardware nodig voor de input van deze software. Deze term is puur gekozen om onderscheid te maken met de GPS –technologie. De verschillende softwarepakketten worden beschouwd in paragraaf 5.2. De voor- en nadelen van softwarematige dataverzameling zijn weergegeven in Tabel 19.

Voordelen:	Nadelen:
Arbeidsextensief, automatische registratie van processtappen.	Investering benodigd, t.b.v. aanpassing / aankoop software en hardware.
Objectieve registratie van gegevens.	Niet alle processtappen worden geregistreerd.
	Meerdere softwarepakketten noodzakelijk voor een zo volledig mogelijk beeld.

Tabel 19: Voor- en nadelen softwarematige dataverzameling

Door gebruik te maken van de GPS -technologie voor het verzamelen van data kan er inzicht gekregen in alle processtappen van de logistieke cyclus. Het is hierbij van belang dat de relevante

processtappen uit de GPS -gegevens gefilterd worden. Binnen dit onderzoek is er voor de data-verzameling hoofdzakelijk gebruik gemaakt van GPS –gegevens, de voor- en nadelen van deze technologie zijn weergegeven in Tabel 20. De analyse van de gegevens vergt extra handelingen, aangezien enkel de locatie gegevens verzamelt worden.

Voordelen:	Nadelen:
Gehele transportcyclus wordt gemonitord binnen één pakket.	Analyse GPS –gegevens arbeidsintensief t.o.v. softwarematige dataverzameling.
Objectieve registratie van gegevens.	Nauwkeurigheid afhankelijk van log -interval.
Verzameling data is arbeidsextensief.	GPS signaal kan verstoord worden door omgeving.
	Niet alle vrachtwagens zijn standaard uitgerust met GPS hardware. Investerings benodigd t.b.v. volledige dekking.

Tabel 20: Voor- en nadelen dataverzameling m.b.v. GPS -gegevens

4.3.2. Advies voor dataverzameling

Op basis van de analyse van de verschillende data verzamelmethode is onderzocht wat de meest praktische methode is voor de datavoeding. In Tabel 21 is een overzicht weergegeven van de verschillende methoden en voor welke relevante processtappen deze geschikt zijn. Hierbij valt op dat er op dit moment geen softwarematige oplossingen zijn om alle processtappen automatisch te registreren. Dit komt mede doordat aannemers gebruik maken van ingehuurd vrachtwagens, hierdoor worden wisselende vrachtwagens ingezet en is kan men niet alle vrachtwagens voorzien van de ondersteunende technologie.

	Laden bij de AC	Transporttijden	Schoonmaken van vrachtwagen
Handmatig	x	x	x
Softwarematig	x		
GPS technologie	x	x	x

Tabel 21: Overzicht dataverzameling technieken

Om een volledig beeld te krijgen van de relevante processtappen zijn de handmatige methode en op basis van GPS technologie de meeste geschikte data verzamelmethode.

Er wordt geadviseerd om gebruik te maken van GPS technologie voor de datavoeding, er is hiervoor gekozen omdat dit de nauwkeurigheid en objectiviteit verhoogd. Het handmatig verzamelen is daarnaast arbeidsintensiever dan met behulp van GPS. Het nadeel van de GPS methode is dat niet alle vrachtwagens voorzien zijn van GPS en dus niet alle vrachtwagens gevolgd kunnen worden. De vrachtwagens worden echter steeds vaker voorzien van GPS, er dient geaccepteerd te worden dat het op dit moment niet mogelijk is alle vrachtwagens te monitoren.

Door gebruik te maken van een spreadsheet programma is het mogelijk aan te geven wanneer de vrachtwagen op de asfaltcentrale of verwerkingslocatie. In combinatie met Google Earth kan onderzocht worden waar de vrachtwagen zich bevindt en dus gezien worden wanneer de vrachtwagen geladen wordt, wordt schoongemaakt of aan het wachten is.

4.4. Samenvatting en conclusies

Onder bruikbaarheid van het simulatiemodel wordt in dit kader geschikt(heid) voor het (dagelijks) gebruik. Het is nodig om dit toe te lichten, omdat er door de toepassing een aantal zaken veranderen: het gebruik van EZStrobe, planningsmethodiek en er is dataverzameling nodig.

De interface van EZStrobe is niet altijd even vanzelfsprekend, om het gebruik te stimuleren is het zinvol om een grafische schil te ontwikkelen. Door een visuele ondersteuning is de drempel om het simulatiemodel te gebruiken lager.

De planningsmethodiek op basis van simulaties is een iteratief proces, hierbij wordt er systematisch gezocht naar een optimale inzet van middelen. Het optimum kan gevonden worden door wijzigingen aan te brengen in de input van het simulatiemodel. De volgende input kan gewijzigd worden: aantal vrachtwagens ingezet, capaciteit van de asfaltset en beschikbare verwerkingssnelheid.

In Figuur 31 is een flowchart weergegeven voor het bepalen van de statistische verdelingen voor de tijdgerelateerde activiteiten binnen het simulatiemodel. Hierin wordt weergegeven hoe de soort verdeling en de parameters bepaald dienen te worden (zie ook Tabel 22).

Onderdeel	Statistische verdeling
<i>LadenMix</i>	Afhankelijk van het dag(deel) dat de werkzaamheden uitgevoerd worden.
<i>TransVVolNB</i> & <i>TransVLeNC</i>	Afhankelijk van de grootte van de maximale vertraging t.o.v. de te verwachten gemiddelde rijtijd.
<i>Schoonmaken</i>	Afhankelijk van de omgeving waar de vrachtwagen schoongemaakt dient te worden.
<i>OntlMixHop</i>	Deze dient altijd gebaseerd te worden op de lostijd per ton van de Aziëhavenweg.

Tabel 22: Voorwaarden voor het bepalen van de statistische verdeling

Na het uitvoeren van de simulaties komt er een extern output scherm van EZStrobe, hierin kan eenvoudig een indruk verkregen worden van het logistieke proces. Het is tevens mogelijk om de output te exporteren naar een tekst bestand, een dergelijk bestand kan dan weer geïmporteerd worden m.b.v. een spreadsheet programma t.b.v. verdere analyse.

Een aantal activiteiten uit het simulatiemodel zijn gebaseerd op statistische verdelingen, deze verdelingen worden berekend op basis van praktijkgegevens. Om het simulatiemodel zo accuraat mogelijk te houden na afronding van dit onderzoek, is het noodzakelijk dat er data verzameld wordt. Er zijn diverse methoden mogelijk voor het verzamelen van deze gegevens, het advies is om gebruik te maken van GPS –gegevens een zo accuraat mogelijk beeld te verkrijgen. Het nadeel van deze methode is echter wel dat niet alle vrachtwagens met deze technologie zijn uitgerust, echter worden de vrachtwagens wel vaker voorzien van een track-and-trace systeem op basis van GPS.

Als deze gegevens verzameld zijn dienen ze nog wel statistische geanalyseerd te worden, dit kan uitgevoerd worden op basis van de procedure beschreven in paragraaf 2.4.2 met behulp van een spreadsheet ontwikkeld onder andere voor dit onderzoek.

5. ICT -oplossingen voor de asfaltlogistiek

Tegenwoordig zijn er diverse technologisch toepassingen op de markt die ondersteuning kunnen dienen bij het asfalteringsproces. Binnen dit hoofdstuk zal er gekeken worden naar de relevante eisen voor de toepassingen om van toegevoegde waarde te zijn binnen de asfaltverwerking. Aan de hand van deze eisen zal er een kritische blik geworpen worden op de diverse ICT – toepassingen, die beschikbaar zijn binnen de organisatie en op de markt.

5.1. Eisen ICT -systeem

Alvorens de mogelijkheden op gebied van ICT –systemen geanalyseerd kunnen worden, is het van belang dat er onderzocht dient te worden waaraan de diverse systemen dienen te voldoen. Binnen de diverse ICT –systemen kan er onderscheid gemaakt worden tussen de functie (Administratief, Kwaliteit en Voorspelbaarheid) en de fase (Productie, Transport, Verwerking) binnen het proces waarvoor het systeem geschikt is. Het is mogelijk dat een systeem meerdere fasen van het proces overlapt of meerdere functies vervult.

Er is ervoor gekozen om aandacht te besteden aan administratieve oplossingen, omdat uitvoerders veel tijd besteden aan administratieve taken en hierdoor minder aandacht kunnen besteden aan het organiseren, plannen en bewaken van kwaliteit (de Jong, 2007). Door administratieve handelingen te automatiseren d.m.v. ICT toepassingen is het mogelijk om de administratieve werkdruk van de uitvoerders te verlagen. Hierbij is het van belang dat de toepassing goed integreert met het administratieve systeem van de organisatie.

Binnen het onderzoek is al een aantal keer aangedragen dat de kwaliteit een steeds belangrijker aspect is geworden binnen de bouwwereld. Het is daarom dan ook zinvol om te onderzoeken of er ICT toepassingen zijn die ondersteunen bij de verbetering van de kwaliteit. Onder de kwaliteit wordt hier zowel de product- als de proceskwaliteit verstaan. Het hoofddoel van systemen gericht op de kwaliteit is het registreren van de kwaliteitsparameters (o.a. temperatuur asfalt, wals-overgangen, start- en stop plaatsen) en signaleren en anticiperen op variaties in de kwaliteitsparameters. Variaties in de kwaliteit kunnen duiden op zwakke plekken in het asfalt en dus een lagere kwaliteit.

Een ander belangrijk aspect is de voorspelbaarheid van met name de logistieke cyclus, aan de hand van voorspelbare cyclustijden is het mogelijk om een continu asfalteringsproces te realiseren. Een continue uitvoering is van belang voor zowel de kwaliteit (voorkomen start- en stopplaatsen) als voor de efficiëntie (voorkomen wachttijden materieel). Door een verhoging van de efficiëntie zou het mogelijk kunnen zijn om of minder materieel in te zetten of meer asfalt te verwerken gedurende een werkdag. Mattivi (2008) geeft aan dat het belangrijk is om te weten op welk moment vrachtwagens aankomen op de productie- en verwerkingslocatie. Hierdoor is het mogelijk om de activiteiten die aansluiten op het transport af te stemmen op deze aankomsttijden.

De verschillende processtappen waartussen onderscheid gemaakt wordt zijn weergegeven in Figuur 7 (blz. 12), in het kader van de ICT toepassingen zal er onderscheid gemaakt worden tussen de productie, transport en verwerking van asfalt. Dit onderzoek is hoofdzakelijk gericht op de het logistieke proces binnen de asfaltverwerking, daarom ligt de focus hoofdzakelijk op ICT toepassingen op dit gebied.

Kley (2004) (geciteerd in Simons(2007)) maakt onderscheid tussen drie type systemen die een bijdrage kunnen leveren aan het automatiseren van het asfaltverwerkingsproces:

- Passief systeem,
Waarbij het uitgevoerde werk visueel en real-time aan de operator wordt weergegeven (CIR-COM -systeem, CIRPAV -systeem, het OSYRIS -systeem, PaveLog, eRoutes, Pavetag en c-Track);
- Semiautomatisch systeem,
Waarbij naast real-time visualisering een planning wordt gemaakt van de vervolg acties/aanpassingen;
- Semiautomatisch en actief systeem,
Bij deze systemen worden er real-time berekeningen uitgevoerd. Op basis van deze resultaten kan dan direct actie worden genomen om het proces, daar waar nodig, bij te sturen (3D-Paving/NAVITRONIC).

Eisen op gebied van functie van systeem

Algemeen

- Gebruiksgemak, een systeem dient eenvoudig te functioneren. Denk hierbij aan een interface die intuïtief aanvoelt;
- Betrouwbaarheid, een toepassing dient nauwkeurig en accuraat te functioneren;
- Stabiliteit, als een toepassing geïntegreerd wordt in het dagelijks gebruik is het noodzakelijk dat de toepassing altijd functioneert; en
- Snelheid, in relatie tot het gebruiksgemak is het van belang dat de toepassing snel werkt zodat opweegt tegen handmatig hetzelfde werk verrichten.

Administratief

- Het rapportage format van de toepassing moet aansluiten bij de manier van rapporteren binnen de organisatie; en
- Het systeem is geïntegreerd met het administratieve systeem binnen de organisatie, hierdoor worden facturen automatisch opgesteld.

Kwaliteit

- Het systeem dient de belangrijkste kwaliteitsparameters uit het uitvoeringsproces te monitoren, onder belangrijkste parameters wordt onder andere verstaan:
 - Temperatuur van asfalt bij verdichting;
 - Aantal walsovergangen;
 - Start- en stopplaatsen asfaltspreidmachine;
 - Snelheid van de asfaltspreidmachine;
 - Laageigenschappen van het aangebrachte asfalt;
 - Locatie van het aangebrachte asfalt (as-built); en
 - Weersomstandigheden.
- Er dient een communicatie mogelijk te zijn tussen de asfaltspreidmachine en de wals(en), dit is vooral belangrijk op gebied van de asfalttemperatuur;
- Met betrekking tot beheer en onderhoud van de wegconstructie is het noodzakelijk dat deze gegevens eenvoudig en overal op te vragen zijn.
- Het systeem moet ondersteunen bieden of direct aansturen om ervoor te zorgen dat er een hoogwaardige kwaliteit afgeleverd wordt.

5.2. Analyse (beschikbare) ICT -systemen

Er wordt binnen deze paragraaf gekeken naar een aantal systemen die binnen BAM Wegen beschikbaar zijn en naar systemen die op de markt zijn voor de asfaltverwerking. Er wordt hoofdzakelijk gekeken naar toepassingen die gericht zijn op de (asfalt)logistiek, daarnaast zullen ook een aantal toepassingen gericht op de daadwerkelijke verwerking van het asfaltmengsel.

5.2.1. Roadware software

Roadware is in de Benelux en Duitsland de vertegenwoordiger van Minds. Daarnaast ontwikkelt Roadware ook zelfstandig diverse softwarepakketten voor de asfaltwegenbouw.

eRoutes is een softwarepakket gericht op diverse vlakken van de uitvoering in de wegenbouw, het pakket kan geïntegreerd worden met de andere pakketten van Roadware. Momenteel heeft men binnen de BAM Wegen twee pakketten van Roadware, namelijk eRoutes en Pavelog. Waarbij eRoutes is toegepast bij de asfaltcentrales in Amsterdam en Nijkerk, Pavelog is geïnstalleerd op één asfaltspreidmachine in de regio NoordWest. Naast de twee pakketten die door BAM Wegen aangeschaft zijn, wordt er ook aandacht besteed aan Pavelog dat is een component voor eRoutes gericht op het transportproces.

Pavelog

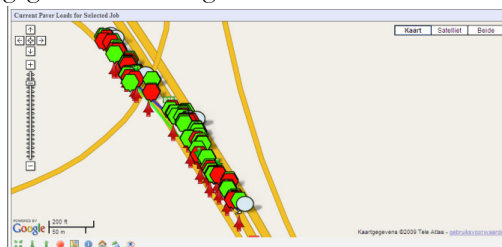
Pavelog is een softwarepakket dat diverse gegevens uit het asfaltverwerkingsproces registreert, deze gegevens zijn zowel real-time als na het uitvoeren van de werkzaamheden op te vragen. De real-time gegevens zijn bruikbaar voor het monitoren van de kwaliteit gedurende de uitvoering van de werkzaamheden, waarbij de gearchiveerde gegevens bruikbaar zijn voor het optimaliseren van het onderhoud. In Tabel 23 staan de gegevens die Pavelog registreert tijdens het uitvoeren van de asfalteringswerkzaamheden.

Gedurende werkzaamheden:	Na uitvoering werkzaamheden:
Actueel asfaltverbruik (kg/m ²)	Asfalttemperatuur (°C)
Gemiddeld asfaltverbruik (kg/m ²)	Start- en stopplaatsen
Afgelegde weg (m)	Vrachtgegevens
Dakprofiel (%)	Gebruikte hoeveelheden asfalt
Werkbreedte (cm)	Werkbreedte (cm)
Asfalttemperatuur (°C)	Dakprofiel (%)
Start- en stopplaatsen	Snelheid asfaltspreidmachine (m/min)
Vrachtgegevens verbruikte hoeveelheid asfalt	Windsnelheid (km/uur)
	Luchtvochtigheid (%)

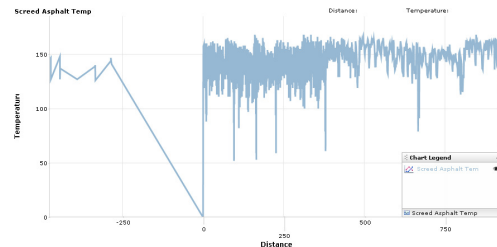
Tabel 23: Beschikbare gegevens in Pavelog (Roadware, 2009a)

Aan de hand van deze gegevens kan de kwaliteit van de uitgevoerde werkzaamheden aangetoond worden, voornamelijk de start- en stopplaatsen (zie Figuur 34) en de asfalttemperatuur (zie Figuur 35) zijn hierbij van belang.

Een nadeel van het systeem is dat deze niet erg stabiel, de website waar na de uitvoering van de werkzaamheden gegevens opgevraagd kunnen worden functioneert slecht. Daarnaast is de GPRS verbinding op de ASM niet stabiel, de hardware heeft moeite met verbinden waardoor er gegevens verloren gaan.



Figuur 34: Overzicht van de werkzaamheden



Figuur 35: Voorbeeld van asfalt temperatuur

Pavelog is een passief systeem, het registreert enkel de parameters en analyseert deze gegevens niet. De gegevens dienen door de machinist zelf geïnterpreteerd te worden, daarnaast vindt er ook geen communicatie met de wals plaats t.b.v. de temperatuurgegevens.

Pavelog is een zeer bruikbaar systeem om het simulatiemodel gedurende de uitvoering te voeden met gegevens over de asfaltverwerking. Vooral de gegevens met betrekking tot het actuele en gemiddelde verbruik zijn van belang voor de verloop van de logistieke cyclus.

eRoutes

eRoutes is een softwarepakket dat gegevens verzameld met betrekking tot het productie- en logistieke proces. Aangezien eRoutes hoofdzakelijk een administratief systeem is wordt alles georganiseerd op basis van vrachtbonnen. De informatie die gekoppeld is aan de vrachtbonnen zijn: gewicht in tonnen en de tijd dat de vrachtwagens aankomt, is geladen, vertrekt bij de asfaltcentrale en aankomt bij de asfaltspreidmachine en weer vertrekt (zie Figuur 36). De invulling van deze gegevens is echter wel afhankelijk van het feit of eRoutes toegepast wordt in combinatie met de toepassingen Pavelog en Pavetag.

Job: SD7010							
Rotaties		Tickets		Check Points		Truck Timelines	
Ticket	Truck	Tonnen	Plant Arrival	Loaded	Plant left	Paver Arrival	Paver Left
56118	342	28.34	N/B	09:32:34 n/b	N/B n/b	13:30:48 27:58	13:34:05 00:03
56119	214	26.5	N/B	09:38:53 n/b	N/B n/b	13:34:07 27:55	13:38:36 00:04
56120	211	26.9	N/B	09:46:37 n/b	N/B n/b	13:38:36 27:51	13:39:28 00:00
56121	864	30.7	N/B	10:00:10 n/b	N/B n/b	13:39:29 27:39	13:40:48 00:01
56122	342	28.64	N/B	10:52:43 n/b	N/B n/b	13:40:48 26:48	13:41:54 00:01
56123	214	26.84	N/B	11:59:01 n/b	N/B n/b	13:41:54 25:42	13:42:40 00:00
56125	211	27.68	N/B	13:12:45 n/b	N/B n/b	13:42:40 24:29	13:44:25 00:01
56127	864	32.34	N/B	13:21:32 n/b	N/B n/b	13:44:25 24:22	13:54:40 00:10
56130	214	30.94	N/B	14:39:25 n/b	N/B n/b	N/B n/b	N/B n/b

► Toon prognoses
► Toon optimalisaties

Figuur 36: Voorbeeld van eRoutes

Als eRoutes wordt toegepast in combinatie met Pavelog kan er op de asfaltspreidmachine gezien worden wanneer de vrachtwagens vertrokken zijn vanaf de asfaltcentrale. Op basis van een inschatting van de reistijd kan er een voorspelling gemaakt worden van de aankomsttijd van de vrachtwagen op de verwerkingslocatie. eRoutes is dus ook bruikbaar voor de voorspelling van de logistieke cyclus, doordat het de vertrek- en aankomsttijden registreert.

De toepassing werkt zeer eenvoudig en intuïtief, alle bonnen zijn op basis van datum en asfaltcentrale te achterhalen. Over het algemeen zijn er geen problemen met de stabiliteit van dit systeem.

Het nadeel van dit systeem is dat de rapportage niet direct geschikt is voor dagelijks gebruik binnen BAM Wegen (zoals aangegeven door de asfaltcoördinator van Regio NoordWest). Er dienen dus nog steeds extra handelingen uitgevoerd te worden, het gevolg is dat het systeem geen werk uithanden neemt. eRoutes is een passief systeem aangezien het enkel diverse gegevens registreert, het neemt geen vervolg acties op administratief gebied (zoals automatisch facturering) en/of voorspelbaarheid van de cyclustijden.

eRoutes is bruikbaar voor de voorspelbaarheid van de logistieke cyclus gedurende de werkdag. Naast dat het systeem online en op de ASM inzicht geeft in de tijdregistratie op de AC, stuurt het systeem ook een SMS naar de asfaltuitvoerder als de eerste vrachtwagen vertrokken is bij de asfaltcentrale.

Pavetag

Pavetag is een logistiek systeem voor het volgen van transportmiddelen op basis van RFID –technologie. De technologie bestaat uit een tag en ontvanger. Waarbij een tag (zie Figuur 37) bestaat uit een microchip en een antenne. Op deze microchip kan digitaal informatie opgeslagen worden en deze kan d.m.v. een ontvanger draadloos uitgelezen worden.



Figuur 37: RFID -tag

Door toepassing van de RFID –technologie in combinatie met het softwarepakket Pavetag is het mogelijk om informatie te verzamelen betreffende de locatie binnen het proces, het materiaal dat wordt vervoerd en de hoeveelheid materiaal. Pavetag is een toevoeging voor eRoutes, door middel van de RFID –technologie worden de tijden van aankomst en vertrek bij de asfaltcentrale geregistreerd (Roadware, 2009b).

Door toepassing van Pavetag wordt er meer inzicht verkregen in de opbouw van de logistieke cyclus en is het mogelijk om een betere inschatting te maken van de aankomsttijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine. Door registratie van de laad- los- transport- en wachttijden van de vrachtwagen wordt er kennis vergaard, hierdoor is er meer kennis beschikbaar voor de planning van de logistieke cyclus. Dit systeem is puur gericht op de registratie van de diverse aankomst- en vertrektijden binnen het asfaltverwerkingsproces. Op basis van deze gegevens worden er gemiddelden uitgerekend en voorspellingen gemaakt. De voorspellingen die dit systeem maakt zijn erg gebrekkig, doordat het systeem geen rekening houdt met de diverse invloedsfactoren op de logistieke cyclus.

Binnen de asfaltverwerking wordt er gebruik gemaakt van extern gehuurde vrachtwagens, hierdoor worden er verschillende vrachtwagens gebruikt voor het vervoer van asfalt. Hierdoor is het dus noodzakelijk om ‘s ochtends voordat de vrachtwagens geladen worden bij de asfaltcentrale de RFID -tags te bevestigen aan een vrachtwagen en na de uitvoering van de werkzaamheden de RFID -tags weer op te halen bij de vrachtwagens. Een andere optie is om alle vrachtwagens te voorzien van een RFID –tag, dit brengt echter wel weer een hogere investering met zich mee.

Het gebruik van RFID –tags levert vooral extra werk op en maar een beperkte hoeveelheid extra informatie. De extra informatie beperkt zich met dit systeem tot een automatische verwerking van de start- en eindtijd van het lossen van de vrachtwagens bij de ASM en automatische registratie van aankomst- en vertrektijd van de vrachtwagens op het terrein van de AC. Echter de vertrektijd en de laadtijd zijn hetzelfde, deze laatste wordt geregistreerd op basis van de weegbrug. Ditzelfde zou mogelijk zijn voor de aankomst bij de AC, op basis van het eerste weegmoment bij aankomst. Een groot gebrek van dit systeem is dat er geen inzicht wordt verkregen wat er gedurende het transport gebeurt.

Geconcludeerd kan worden dat de toepassing van RFID –tags een hoop extra werk en kosten met zich meebrengen die niet opwegen tegenover de baten. Het is zinvoller om de software aan te passen en de aankomst op de AC te registreren op basis van de weegbrug.

Pavetag is een passief systeem dat hoofdzakelijk gericht is op het registreren van de aankomst- en vertrektijden op de productie- en verwerkingslocatie. Een voordeel van dit systeem is dat het aanvullende module is op eRoutes. Er is gebleken dat eRoutes stabiel is en er kan dan ook verwacht worden dat dit ook het geval is bij Pavetag. Er dient echter ook gewerkt te worden aan de negatieve ervaringen met Roadware software (rapportage format eRoutes en stabiliteit Pavelog)

5.2.2. C-Track

C-Track is een fleetmanagement systeem, een fleetmanagement systeem is gericht op het volgen van de positie en status van transportmiddelen via boordcomputers (Reed-Business, 2009). Binnen dit systeem wordt een transportmiddel uitgerust met boordcomputer met een GPS (Global Positioning System) -module in combinatie met GPRS (General Packet Radio Service).

Hierbij dient de GPS voor plaats bepaling van het transportmiddel en de GPRS zorgt via het mobiele telefonienetwerk voor de verzending van de gegevens naar een server.

De gegevens worden naar een server gestuurd om twee redenen, namelijk om de geregistreerde gegevens te archiveren en om de gegevens real-time te kunnen raadplegen op een computer. De nauwkeurigheid van de real-time gegevens is in het geval van C-Track afhankelijk van de interval waarmee de gegevens naar de server gestuurd worden.

Het is mogelijk om de volgende gegevens te raadplegen via C-Track:

- De huidige locatie (zowel latitude/longitude als straatnaam/wegnummer) en snelheid;
- De afgelegde route;
- PTO (Power Take Off) –status, hiermee wordt de hulpapparatuur van de vrachtwagen van stroom voorzien;
- Hard remmen; en
- Status van de motor (in- of uitgeschakeld).

Een groot voordeel van dit systeem is dat je direct kan zien waar een transportmiddel zich op dit moment bevindt en doet, hierdoor kan je een inschatting maken van de aankomst op de verwerking- of productielocatie. De software maakt geen inschatting van de aankomsttijd, men zal dus op basis van ervaring een inschatting moeten maken.

Een ander voordeel van dit systeem is dat er geen input van de chauffeur benodigd is, hierdoor merkt deze niets van de aanwezigheid van dit systeem en leid het de chauffeur niet af bij de uitvoering van zijn werkzaamheden. Hierin schuilt echter ook weer het nadeel dat de chauffeur niet gebruik kan maken van de voorzieningen van dit systeem. De GPS en GPRS –verbinding zouden gebruikt kunnen worden als navigatiesysteem met actuele file-informatie, doordat dit systeem weggewerkt is in de vrachtwagen is dit echter niet mogelijk.

5.2.3. OSYRIS

“Open System for Road Information Support”(OSYRIS) is een project dat gesubsidieerd is door de Europese Unie en gericht op ontwikkeling van ICT toepassingen t.b.v. de aanleg en onderhoud van wegconstructies. Het doel is om voor zowel aannemers als wegbeheerders een standaard te ontwikkelen op gebied van kwaliteit en kennis (Peyret and Tasky, 2002).

Peyret & Tasky(2002) geven aan dat er sprake is van een grote discontinuïteit in kwaliteitscontrole keten, namelijk in de vorm van het transport van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie. Gedurende dit proces gaat er vaak kwalitatieve en kwantitatieve informatie verloren. Binnen het OSYRIS –project wordt geprobeerd dit op te lossen door toepassing van de RFID technologie in combinatie met GPS. Hierdoor is het mogelijk om informatie van de asfaltcentrale te transporteren naar de verwerkingslocatie, dit is noodzakelijk voor een juiste verwerking van het asfaltmengsel. Binnen de ontwikkeling van dit systeem is er gekozen om de volgende parameters te versturen: kwalitatief (o.a. mengselsamenstelling en mengseltemperatuur), kwantitatief (gewicht van de lege en volle vrachtwagen) en overige identificatie parameters (projectnummer, batch nummer, start- en eindtijd productie batch, etc.).

Het systeem vertoont grote overeenkomsten met eRoutes in combinatie met Pavetag (zie paragraaf 5.2.1), zoals reeds aangekaart is het grote nadeel van de toepassing van RFID –tags dat er gebruik gemaakt wordt van ingehuurd vrachtwagens. Dit maakt de praktische toepassing van RFID -tags in de dagelijkse werkzaamheden lastig.

5.2.4. Toepassingen t.b.v. spreiden asfalt

3D-Paving systemen

MOBA heeft voor hun product MOBA-matic een module ontwikkeld ten behoeve van 3D asfalteren. MOBA-matic is een aansturingssysteem van de balk van de asfaltspreidmachine, hierbij wordt de hoogte en verhang van de balk aangestuurd. Door toepassing van de 3D module is het mogelijk om de balk accuraat aan te sturen(Jung, 2008).

Jung(2008) geeft aan dat het systeem met succes is getest bij de aanleg van de nieuwe testbaan bij HGV. Op deze testbaan dienen veel verschillende profielen aangebracht te worden, het wegprofiel dat aangebracht dient te worden is geen standaard profiel maar bevat veel variatie in zowel de lengte als breedte richting.

Er wordt niet aangegeven van welke technieken er gebruik gemaakt worden ten behoeve de positie- en hoogtebepaling. Hierdoor is het moeilijk om de nauwkeurigheid van het systeem in te schatten, want de toegepaste apparatuur bepaalt hoofdzakelijk de nauwkeurigheid. Daarnaast is het ook onduidelijk of dit systeem ook de aansturing van de asfaltspreidmachine in zijn geheel verzorgd. Er kan aangenomen dat dit wel het geval is, omdat dit noodzakelijk is om op de juiste locatie de juiste balkinstellingen toe te passen.

Naast MOBA heeft ook TOPCON een vergelijkbaar systeem op de markt gebracht. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van NAVITRONIC Plus in combinatie met mmGPS, hiermee wordt de productiviteit en de nauwkeurigheid van het werk verhoogd wordt (Sturm and Vos, 2008).

mmGPS is een GPS -product van TOPCON, hierbij is de GPS uitgebreid met laser technologie t.b.v. een verbetering van de nauwkeurigheid bij het bepalen van de hoogte. Als bijkomend voordeel verhoogd mmGPS ook de nauwkeurigheid in de overige richtingen. mmGPS werkt met een ontvanger op de asfaltspreidmachine en één of meer zenders opgesteld langs de werkzaamheden (het aantal is afhankelijk van de afstand die overbrugd dient te worden) (Topcon, 2009). Voor de werking van dit systeem dient er voorkomen te worden dat het lasersignaal verstoord wordt, dit is vaak erg lastig aangezien er veel objecten als bomen, portalen, voertuigen, mensen etc. in de omgeving van een werkvak staan.

NAVITRONIC Plus is het 3D-Paving systeem van Vögele, dit is een module die beschikbaar is voor asfaltspreidmachines van de Vögele. Het systeem stuurt de volgende onderdelen van de asfaltspreidmachine aan: hoogte en afschot instellingen en het traject dat de asfaltspreidmachine moet afleggen. Door toepassing van dit systeem zal er minder uitzetwerk verricht hoeven worden (Vögele, 2007). Sturm & Vos (2008) geven aan dat het de nauwkeurigheid van dit systeem ten goede komt om dit systeem gecombineerd met mmGPS te gebruiken, het is dankzij de open interface van NAVITRONIC Plus ook mogelijk om ander positioneringsapparatuur toe te passen. De toepassing van dit systeem is voor de hoogte richting bruikbaar, aangezien er vaak geen goede referentie is. Het merendeel van de asfaltwerkzaamheden bestaan uit onderhoudswerkzaamheden (zie paragraaf 2.3), waarbij een of meer lagen vervangen dienen te worden. Bij onderhoudswerkzaamheden wordt vaak de oude laag met een frees verwijderd, hierdoor is de ondergrond nooit geheel vlak afgewerkt. Hierbij is het de vraag of het noodzakelijk is om een dergelijk systeem toe te passen op de asfaltspreidmachine of op de freesmachine. Het voordeel van een volledig automatisch systeem is dat de nauwkeurigheid omhoog gaat, echter het automatiseren van handelingen brengt ook altijd het risico met zich mee dat er ervaring verloren gaat en men afhankelijk wordt van een dergelijke toepassing.

Binnen de BAM Wegen zijn al proeven uitgevoerd met een dergelijk systeem, het ging hierbij echter wel om projecten waarbij het mogelijk was om de laser obstakel vrij op te stellen. De ervaringen bij de proef waren positief, echter de vraag is of dit ook het geval is bij een omgeving met meer obstakels om het signaal te verstoren.

3D -paving kan de nauwkeurigheid aanzienlijk verhogen, alleen dergelijke systemen zijn erg storingsgevoelig en vergen een hoge investering. Er valt al veel winst te behalen bij het verbeteren van de voorbereidingen (fundering / frezen).

CIRPAV

CIRPAV is een onderdeel van het “Computer Intergrated Road Construction” (CIRC) project, dit is een onderzoeksproject gericht op het introduceren van nieuwe aansturing en monitoringsystemen binnen het asfaltverwerkingsproces. CIRPAV is hier een product van gericht op het aanbrengen van asfalt met een asfaltspreidmachine (Peyret, Jurasz et al., 2000).

CIRPAV heeft een aantal verschillende functies:

- Het ondersteunen van de machinist bij het aansturen van de asfaltspreidmachine over het juiste traject met de juiste snelheid;
- Het ondersteunen van de balkman bij het accuraat instellen van de balk op gebied van hoogte en afschot;

- Het verzamelen van data betreffende het uitgevoerde werk door de asfaltspreidmachine t.b.v. kwaliteitsbeheersing.

Peyret et al. (2000) en Bouvet, Garcia, Gorham & Bétaille (2001) geven aan dat een GPS onvoldoende nauwkeurigheid in de z -richting heeft om bruikbaar te zijn voor de hoogteregeling van de asfaltspreidmachine. Door deze onnauwkeurigheid is het noodzakelijk om extra apparatuur te installeren (bv. mmGPS), dit brengt hogere investeringskosten met zich mee.

De doelstelling van het project is om de balkman en machinist te ondersteunen bij het uitvoeren van de werkzaamheden, de doelstelling is een semiautomatisch systeem. Het systeem is echter uitgewerkt als een passief systeem aangezien het werk alleen gevisualiseerd wordt, eventuele afwijkingen worden enkele aangegeven als ze al aangebracht zijn.

Binnen het onderzoek van Simons (2007) is er al aandacht besteed aan CIRPAV en besproken met enkele balkmannen. Hieruit kwam naar voren dat de balkmannen bang zijn voor het feit dat men bij dit soort toepassingen teveel op de techniek gaat vertrouwen en het grotere geheel uit het oog verliest.

5.2.5. Toepassingen t.b.v. verdichten asfalt

CIRCOM

CIRCOM is evenals CIRPAV een onderdeel van CIRC, echter CIRCOM is gericht op het aansturen en monitoren van het verdichtingsmaterieel. Hierbij is CIRCOM gericht op de volgende functies:

- Het ondersteunen van de machinist bij het verdichtingsproces, hierbij gericht op het uitvoeren van het juiste aantal overgangen met de juiste snelheid; en
- Het verzamelen van data betreffende het uitgevoerde werk door de walsen t.b.v. kwaliteitsbeheersing.

Hierbij wordt er gebruik gemaakt van GPS voor de plaatsbepaling, er is geen extra apparatuur noodzakelijk aangezien een nauwkeurigheid van ± 10 cm voldoende is voor de monitoring van het verdichtingsmaterieel. De verzamelde gegevens zijn zowel real-time als na het uitvoeren van de werkzaamheden terug te vinden (Peyret, Jurasz et al., 2000).

Door het monitoren van het aantal overgangen in relatie tot de locatie geeft een impressie van de kwaliteit die geleverd wordt. Echter een belangrijke kwaliteitsparameter voor het verdichten, de temperatuur van het asfalt wordt geheel buiten beschouwing gelaten. Dit is een grote tekortkoming van dit systeem waardoor er onvoldoende data verzameld wordt ten behoeve van de beoordeling van de geleverde kwaliteit op basis van de uitvoerende activiteiten.

Ook CIRCOM is een passief systeem, het registreert enkel de hoeveelheid walsovergangen in relatie tot de positie van de wals, de machinist dient nog steeds zelfstandig te anticiperen op deze gegevens. Binnen het systeem worden dus geen aanwijzingen gegeven over vervolg acties die de machinist moet nemen.

5.3. Samenvatting en conclusies

In Tabel 24 is een overzicht te vinden van de ICT toepassingen die behandeld zijn, hierbij de processtap en functie aangegeven. Vaak is het mogelijk dat een systeem in meerdere processtappen en/of functies valt, hierbij is de hoofdfunctie /processtap dik gedrukt. Daarnaast zijn kort de voor en nadelen aangegeven

Opvallend is dat alle toepassingen (m.u.v. NAVITRONIC) die behandeld zijn, passieve systemen zijn. Passieve systemen zijn systemen die enkel registreren en visualiseren, het is van belang dat de volgende stap wordt gezet waarbij de ICT –toepassingen ook vervolg acties plant en uitvoert.

Op gebied van de asfaltlogistiek is het wenselijk dat er een systeem ontwikkeld wordt dat voorspellingen maakt op gebied van de logistieke cyclus. Hierbij is het van belang dat er aankomsttijden op de AC en bij de ASM voorspeld worden, de volgende systemen kunnen ondersteuning bieden op gebied van de voorspellingen:

- eRoutes (registratie van diverse tijdstippen in de logistieke cyclus);
- Pavelog (registratie van uitvoeringsparameters, o.a. productiviteit); en
- GPS –data (registratie voortgang transport).

	Processtap			Functie			Voordelen	Nadelen
	Productie	Transport	Verwerking	Administratief	Kwaliteit	Voorspelbaarheid		
Roadware								
eRoutes	X	X		X		X	• Registratie tijdstip van laden	• Levert niet de gewenste rapportages
Pavelog			X		X		• Registratie belangrijke kwaliteit parameters	• Onstabiel op ASM • Onstabiel via internet • Geen communicatie walsen
Pavetag		X		X		X	• Registreert tijden gehele logistieke cyclus • Stabiele data uitwisseling	• RFID -tags op elke vrachtwagen
C-Track		X				X	• Real-time weergave positie vrachtwagen • Geen handelingen chauffeur noodzakelijk	• Apparatuur op elke vrachtwagen nodig • Geen voorspelling aankomsttijd
CIRCOM			X		X		• Monitoring walsovergangen	• Geen temperatuur monitoring • Machinist moet gegevens interpreteren
CIRPAV			X		X		• Nauwkeurigheid in hoogte-richting	• Hoge investeringskosten • Registreert enkel fouten voorkomt niet
OSYRIS		X			X		• Data uitwisseling tussen AC en ASM • Stabiele data uitwisseling	• Geen integratie zoals bij Pavetag
NAVITRONIC			X		X		• Automatische aansturing van de balk • Automatische aansturing traject ASM	• Extra apparatuur noodzakelijk • Lasersignaal mag niet geblokkeerd worden • Ervaring kan verloren gaan

Tabel 24: Overzicht ICT -toepassingen

6. Voorspelling van cyclustijden

Binnen dit onderzoek wordt er niet alleen gekeken naar wat er op dit moment mogelijk is met het simulatiemodel, maar ook hoe dat dit systeem gebruikt kan worden in de toekomst. In dit hoofdstuk zal onderzocht worden of het mogelijk is om op basis van het simulatiemodel een voorspelling te maken van de logistieke cyclus gedurende de uitvoering van de werkzaamheden. De daadwerkelijke realisatie is een ontwikkelingsproces, waarbij met name software ontwikkelt dient te worden t.b.v. de bruikbaarheid.

Binnen dit hoofdstuk zal het volgende behandeld worden:

- Wat zijn de eisen aan een systeem voor de voorspelbaarheid van de asfaltlogistiek?
- Welke rol kunnen bestaande ICT oplossingen bieden binnen dit systeem?
- Hoe kan het simulatiemodel gebruikt worden voor de voorspellingen?
- Wat moet er ontwikkeld worden?

6.1. Eisen voor de voorspelbaarheid

In de interviews is naar voren gekomen dat de machinist van de ASM in samenspraak met de uitvoerder de snelheid van de ASM bepaald. Deze snelheid dient afgestemd te worden op de aanvoer van de vrachtwagens. Het is onbekend hoe laat een vrachtwagen arriveert op de verwerkingslocatie en moet de machinist een inschatting maken van de aankomsttijd. Het doel van dit systeem is om op onderbouwde wijze een inschatting te kunnen maken van de aankomsttijden op de ASM en AC om zodoende op de aankomsttijden te kunnen anticiperen.

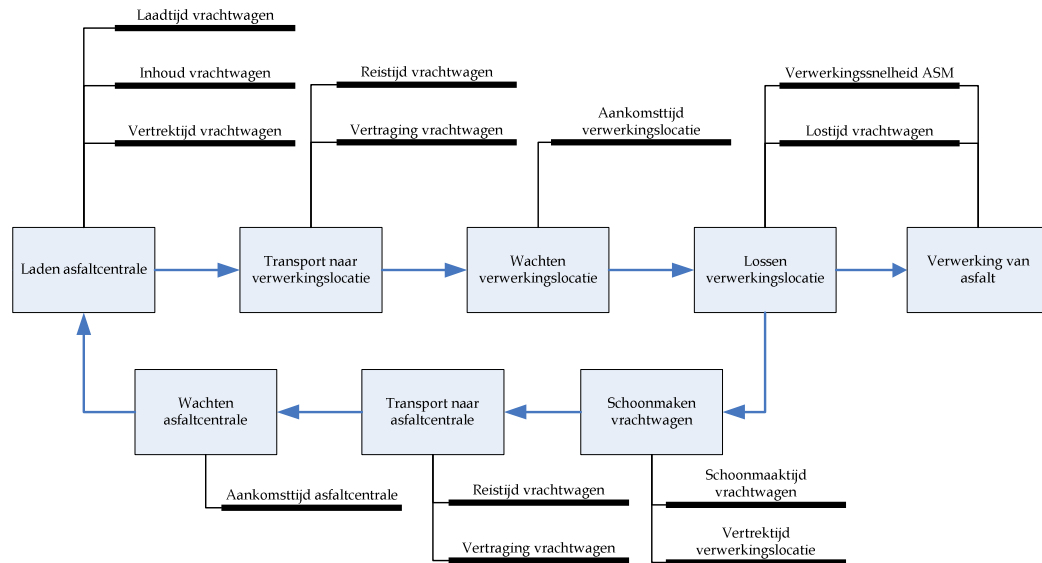
Vanuit het oogpunt van de verwerking de volgende informatie op de verwerkingslocatie beschikbaar zijn:

- Geschatte aankomsttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie.
De aankomsttijd is bruikbaar om een inschatting te maken van de optimale snelheid van de ASM.
- Advies met betrekking tot de snelheid van de ASM op basis van de aanvoer van nieuw asfalt.
Op basis van de aanvoer van nieuw asfalt op de verwerkingslocatie, kan er een inschatting gemaakt worden met betrekking tot de verwerkingssnelheid. Hierbij is het van belang dat de ASM niet stil komt te staan en zoveel mogelijk op een constante snelheid functioneert. Hierbij dient er rekening gehouden te worden met de projecteigenschappen (laagdikte, breedte, etc.) en verder gekeken te worden dan één vracht om de snelheid constant te houden.

Naast een inschatting van de aankomsttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie is het ook zinvol om een inschatting te hebben van de aankomsttijd bij de AC. Deze informatie is bruikbaar voor het productieproces, om zo te zorgen dat er op juiste moment voldoende asfalt op voorraad is.

In Figuur 38 is weergegeven welke informatie uit welke processtap naar voren moet komen, deze informatie is benodigd om de volgende relevante informatie te bepalen:

- Aankomsttijd van de vrachtwagen op de verwerkingslocatie (aankomst op AC(startpunt)+laadtijd+reistijd (incl. vertraging));
- Aankomsttijd van de vrachtwagen op de AC (einde lossen(startpunt)+schoonmaaktijd+reistijd (incl. vertraging));
- Advies m.b.t. de snelheid van de ASM (op basis van NHI –methode, laageigenschappen dienen als input).



Figuur 38: Proces met relevante informatie voor voorspelbaarheid

6.2. ICT -toepassingen

Zoals in Figuur 38 is weergegeven dienen er diverse gegevens beschikbaar te zijn om het maken van een voorspelling van de cyclustijden mogelijk te maken. Er zijn verschillende bronnen beschikbaar die de benodigde gegevens kunnen aanleveren als voeding voor het simulatiemodel. In Tabel 25 is een overzicht weergegeven van ICT -toepassingen die bruikbaar zijn voor de voorspelling van de cyclustijden.

Onderdeel	ICT -toepassing
Laadtijd vrachtwagen (minuten)	Roadware eRoutes
Inhoud vrachtwagen (tonnen)	Roadware eRoutes
Vertrektijd vrachtwagen asfaltcentrale (tijd)	Roadware eRoutes
Reistijd vrachtwagen (minuten)	Routeplanner of GPS -data
Vertragingen vrachtwagen (minuten)	Routeplanner, filemeldingen of GPS -data
Aankomsttijd verwerkingslocatie (tijd)	GPS -data
Verwerkingsnelheid ASM (ton/uur of m/min)	Roadware Pavelog
Lostijd ASM (minuten)	Roadware Pavelog
Schoonmaaktijd vrachtwagen (minuten)	GPS -data
Vertrektijd vrachtwagen verwerkingslocatie (tijd)	GPS -data
Aankomsttijd asfaltcentrale (tijd)	GPS -data

Tabel 25: ICT -toepassingen voor de voorspelbaarheid

Zoals in Tabel 25 is weergegeven kan er voor een aantal activiteiten GPS –data gebruikt worden, in dit onderzoek is al een aantal keer naar voren gekomen dat de toepassing van GPS in de vrachtwagens door de externe inhuur van het asfalttransport niet mogelijk is. Om de volgende redenen is niet mogelijk om GPS toe te passen voor de voorspelbaarheid:

- Niet alle vrachtwagens zijn voorzien van GPS + GPRS technologie;
- De GPS gegevens worden verzonden naar de transporteur, niet naar de aannemer. Hierdoor heeft de aannemer niet direct zijn beschikking tot deze gegevens;
- Aangezien er verschillende track-and-trace pakketen op de markt zijn, is het waarschijnlijk dat niet elke transporteur dezelfde software gebruikt. Door gebruik van verschillende software is het ook waarschijnlijk dat het data –format verschillend is.

Vanwege de bovenstaande redenen is geldt het advies om geen gebruik te maken van GPS –data voor de voorspelling van de reistijd. Er dient dus gebruik gemaakt te worden van een alternatieve bron voor de reistijd, hiervoor zijn de opties geïdentificeerd:

- Een routeplanner in combinatie met de filemeldingen voor de vertragingen; of
- Een eigen inschatting van de reistijd en vertraging op basis van een statistische verdeling (simulatiemodel).

Op basis van de voor- en nadelen van beide bronnen (zie Tabel 26), wordt aangeraden om gebruik te maken van gegevens van een routeplanner voor de logistieke cyclus.

Om de reistijd te bepalen op basis van een routeplanner is het noodzakelijk om een routeplanner te gebruiken waarbij het mogelijk is om het voertuig in te stellen op een 40 tons vrachtwagen (bijvoorbeeld Routenet). Daarnaast kan de vertraging redelijk accuraat bepaald worden door gebruik te maken van online file-informatie, hierbij wordt vaak de vertraging in minuten weergegeven en is dus eenvoudig toe te voegen aan de reistijd.

	Routeplanner i.c.m. filemeldingen	Inschatting
Voordelen	+ Onderbouwde reistijd inschatting op basis van historische data; + Real time file informatie; + Reistijd afhankelijk van de situatie op de weg;	+ Eenvoudig te realiseren systeem;
Nadelen	– Geen inzicht in de voortgang van de vrachtwagen;	– Geen inzicht in de voortgang van de vrachtwagen; – Nauwkeurigheid afhankelijk van inschatting planner;

Tabel 26: Voor- en nadelen reistijd databronnen

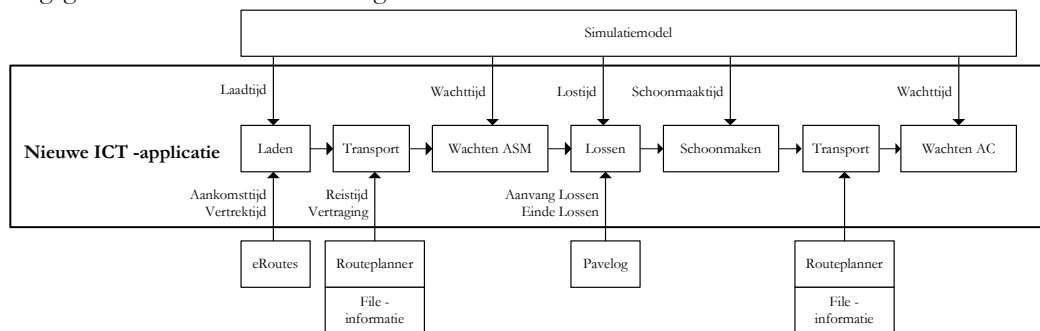
Doordat de GPS technologie niet bruikbaar is als voedingsbron tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden kunnen er van een aantal activiteiten geen tijdsduur en tijdstip geregistreerd worden. Het is dus noodzakelijk het tijdstip te berekenen en de tijdsduur te benaderen op basis van het simulatiemodel (zie paragraaf 6.3).

6.3. Simulatiemodel

Het simulatiemodel dat in het kader van dit onderzoek is ontwikkeld dient als basis voor een toepassing ten behoeve van de voorspelbaarheid van de logistieke cyclus. De simulatiesoftware in de huidige vorm is echter niet geschikt voor het maken van voorspellingen van de logistieke cyclus, er is een ontwikkelingsproces noodzakelijk om dit mogelijk te maken.

Voor de voorspelling van de duur van het laden, lossen en schoonmaken dient er gebruik gemaakt te worden van het simulatiemodel. Binnen het model wordt de tijdsduur van de activiteiten bepaald op basis van een statistische verdeling. Na de daadwerkelijke uitvoering kan de laad- en lostijd bijgewerkt worden met de daadwerkelijke tijd geregistreerd door een ICT-toepassing. De wachttijden worden bepaald op basis van een wachtrij in het simulatiemodel.

In Figuur 39 zijn de verschillende processtappen uit de logistieke cyclus weergegeven, waarbij aangegeven wordt welke databron gebruik dient te worden.



Figuur 39: Schema databronnen nieuwe ICT - applicatie

Een andere optie is om een applicatie te ontwikkelen waarbij ook gebruik gemaakt wordt van eigen databronnen. Met eigen databronnen wordt bedoeld dat de juiste gegevens zelf verzameld

worden zonder tussenkomst van andere ICT –toepassingen. Er dient dus software en hardware toegepast te worden die dezelfde informatie aan kan leveren als de ICT –toepassingen die weergegeven zijn in Figuur 39. De aankomst- en vertrektijd bij de AC, dienen geregistreerd te worden op basis van de weegbrug, op basis van deze informatie wordt dan de actuele laadtijd bepaald. Op basis van de RFID –tags of handmatig kan de lostijd geregistreerd worden, zoals al al aangegeven in dit onderzoek is door inhuur van transport RFID evenals GPS geen praktische technologie binnen de asfaltverwerking.

Hiernaast dient er nog steeds gebruik gemaakt te worden van externe bronnen t.b.v. de file-informatie, daarnaast is het aan te raden ook gebruik te maken van externe informatie m.b.t. reistijd. Dit omdat het niet de doelstelling is van een aannemer om file-informatie te verzamelen of een routeplanner te ontwikkelen.

Voor de ontwikkeling van deze applicatie dient er een afweging gemaakt te worden tussen het gebruik maken van bestaande ICT –applicaties of zelfvoedend. In Tabel 27 zijn de voor- en nadelen van beide varianten weergegeven. Op basis van deze vergelijking wordt er aangeraden om gebruik te maken van bestaande ICT –toepassingen, met name het feit dat de investering al deels gemaakt is en de bestaande ICT –toepassingen ook op zich zelf een toegevoegde waarde hebben binnen het asfaltverwerkingsproces (zie hoofdstuk 5). Daarnaast is het nog steeds mogelijk om de applicatie zelfvoedend te realiseren, mits de toegepaste hardware bij de bestaande ICT –applicaties ondersteunt wordt.

	ICT	Zelfvoedend
Voordelen	Kortere ontwikkeltijd	Meer controle over hard- en software
	Bewezen technologieën	Flexibiliteit
	Toepassing deels aanwezig binnen BAM Wegen (Investering is al gemaakt)	Onafhankelijk van externe partijen
	De andere functies van de applicaties zijn ook bruikbaar	
Nadelen	Investering waarschijnlijk hoger	Langere ontwikkeltijd
	Integratie afhankelijk van de ontwikkelaars	Meer hardware op ASM noodzakelijk voor dezelfde functionaliteit
	Upgrade van toepassing afhankelijk van ontwikkelaar	

Tabel 27: Overzicht voor- en nadelen bestaande ICT en zelfvoedend

Het bepalen van de adviessnelheid tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden dient te worden uitgevoerd op basis van vergaarde informatie uit het uitvoeringsproces. Er moet rekening gehouden met het actuele verbruik van de ASM, maar ook dient er gebruik gemaakt te worden van de geschatte aankomsttijden van de vrachtwagens. Een belangrijke voorwaarde is dat de ASM zoveel mogelijk op een constante snelheid functioneert en niet stil komt te staan, er dient dus een advies opgesteld te worden over meer dan één rit. Er wordt aangeraden om met de volgende formule een advies snelheid te bepalen op basis van de aanvoer:

$$\text{adviesnelheid ASM (m/min)} = \left(\frac{\sum_{i=1}^2 \text{inhoud vrachtwagen}_i (\text{ton})}{\text{geschatte aankomsttijd vracht}_{i+2} - \text{starttijd vracht}_i} \right) / \left(\frac{\text{gemiddeld asfaltverbruik (kg/m}^2\text{)}}{\frac{\text{werkbreedte (cm)}}{100}} \right)$$

De *inhoud vrachtwagen* dient verkregen te worden uit eRoutes en het *gemiddelde asfaltverbruik* en de *werkbreedte* vanuit Pavelog. Binnen de berekening geldt dat $i=1$ de huidige, dan wel de eerst arriverende (in geval van de eerste vracht) vrachtwagen op de verwerkingslocatie is. Hierdoor wordt voorkomen dat de huidige en de eerst volgende vracht stil komen te staan. Het is echter goed mogelijk dat vrachtwagen $i=2$ en $i=3$ vlak achter elkaar arriveren, waardoor er een hoge advies snelheid berekend wordt, daarom is het advies om ook een zelfde berekening uit te voeren voor alleen vrachtwagen $i=1$, om zo te voorkomen dat de ASM na deze vracht al stil komt te staan. Hierbij geldt dan dat de laagste adviessnelheid maatgevend is, een belangrijke randvoorwaarde is

wel dat deze niet boven de maximale verwerkingssnelheid van het betreffende mengsel mag komen.

6.4. Ontwikkelingsproces

Zoals al eerder aangegeven is de voorspelling van aankomsttijden op basis van het simulatiemodel op dit moment niet mogelijk. Om ervoor te zorgen dat het mogelijk is om het simulatiemodel te gebruiken ten behoeve van de voorspelling van de cyclustijden is het noodzakelijk dat er nieuwe software ontwikkeld wordt.

Er dient begonnen te worden met de integratie van diverse bronnen in één tool. Als basis voor de nieuw te ontwikkelen tool dient het simulatiemodel gebruikt te worden, hierbij dienen de externe ICT bronnen het simulatiemodel met actuele gegevens te voeden (zie Figuur 39).

Om optimaal gebruik te maken van de voorspellingen van het systeem, is het noodzakelijk dat de informatie zowel op de verwerkingslocatie (op de ASM) als op de productielocatie (in controlekamer AC) beschikbaar is. Doordat Pavelog als informatie bron gebruikt dient te worden is er op de ASM al een GPRS verbinding aanwezig, hierdoor is het mogelijk om informatie via internet uit te wisselen. Op de AC zijn er al diverse computers met internetverbinding aanwezig en is het ook mogelijk om hier inzicht te krijgen in de voorspellingen met betrekking tot de asfaltlogistiek.

Op de ASM dient men informatie te hebben met betrekking tot de verwachte aankomsttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie en de advies verwerkingssnelheid. Bij significante wijzigingen in de reistijd/vertragingen is het van belang dat de machinist van de ASM hierover geïnformeerd wordt, omdat dit het gehele verwerkingsproces beïnvloedt. De nadruk bij de verwerkingssnelheid ligt op de term advies, aangezien deze puur gebaseerd wordt op de aanvoer van de eerst komende twee vrachten. Die houdt echter geen rekening met de projecteigenschappen (putten, inritten, meerdere stroken) die de verwerking kunnen beïnvloeden.

Naast de ontwikkeling van de software is het ook noodzakelijk om over de gehele organisatie de ondersteunende ICT applicaties in te voeren. Dit houdt in dat alle asfaltcentrales voorzien moeten worden met eRoutes en alle asfaltspreidmachines met Pavelog. Pavelog kent echter nog wel enige stabiliteitsproblemen met de GPRS verbinding, binnen dit onderzoek wordt er echter vanuit gegaan dat na ontwikkeling van deze tool de problemen met de stabiliteit van de GPRS opgelost zijn. Naast de bestaande stabiliteitsproblemen vereist de invoering van deze applicaties een investering in soft- en hardware.

6.5. Samenvatting en conclusies

Door de integratie van de verschillende ICT -toepassingen en het simulatiemodel is het mogelijk om een voorspelling van de logistieke cyclus te maken gedurende de uitvoering van de asfalterwerkzaamheden. Binnen deze integrale oplossing dient er een voorspelling gemaakt te worden van de duur van diverse activiteiten in de logistieke cyclus.

De voorspelling wordt gemaakt op basis van de statistische verdelingen in het simulatiemodel en ICT. Hierbij is het niet mogelijk om gebruik te maken van technieken gebaseerd op de GPS – technologie, dit komt onder andere doordat men binnen de asfaltverwerking gebruik maakt van extern ingehuurde vrachtwagens. Deze vrachtwagens zijn niet allemaal voorzien van GPS – modules en daarnaast heeft de aannemer ook niet direct de beschikking over deze gegevens als de vrachtwagen wel voorzien is van GPS.

Er wordt geadviseerd om gebruik te maken van een routeplanner in combinatie met actuele file-informatie om een voorspelling te maken van de reistijd. De overige processtappen in het simulatiemodel worden gevoed op basis van statistische verdelingen en worden bijgewerkt op gedurende de werkdag door de diverse ICT –toepassingen.

Evenals bij het simulatiemodel als planningstool is er diverse output wenselijk, de belangrijkste output is:

- Een schatting van de aankomsttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie;

- Een advies met betrekking tot de verwerkingssnelheid, hierbij dient voorkomen te worden dat de ASM stil komt te staan; en
- Een schatting van de aankomsttijd van de vrachtwagens op de asfaltcentrale.

Het nadeel bij het advies t.b.v. de verwerkingssnelheid is dat hierbij geen rekening gehouden wordt met de projecteigenschappen, dit is een tekortkoming van het simulatiemodel als geheel en niet specifiek gerelateerd aan de voorspelbaarheid.

In de huidige vorm is het simulatiemodel en de simulatiesoftware niet geschikt voor het voorspellen van de cyclustijden. Er dient ontwikkelingstraject gestart worden, waarbij er een applicatie ontwikkeld wordt die het simulatiemodel en de diverse ICT -toepassingen integreert. Naast de ontwikkeling van de applicatie is het ook noodzakelijk dat er over de gehele organisatie de juiste software en hardware (met name eRoutes en Pavelog) geïmplementeerd wordt. Er is ervoor gekozen om de applicatie te baseren op bestaande ICT -applicaties, omdat dit het ontwikkelingsproces verkort, de applicaties individueel een toegevoegde waarde hebben en deze al deels binnen de organisatie geïnstalleerd zijn.

Een onderbouwde voorspelling van het logistieke proces, maakt het mogelijk om op basis van deze gegevens gefundeerde uitvoeringsbeslissingen te nemen (verhoging of verlaging van materieel inzet, verlenging of verkorting van de uitvoeringsduur). Daarnaast kan door inzicht in de aankomsttijden het proces op de AC en verwerkingslocatie geoptimaliseerd worden, wat de kwaliteit ten goede komt.

7. Conclusies & aanbevelingen

Mattivi(2008) geeft aan dat het van belang is dat er bekend is wanneer transportmiddelen op een bouwplaats aankomen, om zodoende op een efficiënte manier het proces hierop aan te passen. Als bekend is wanneer asfalt aankomt op de verwerkingslocatie, kan er voorkomen worden dat de ASM stil komt te staan en deze zoveel mogelijk op een constante snelheid laten functioneren. Uit onderzoek van VBW-Asfalt (2001) is ook gebleken dat het logistieke proces inefficiënt is doordat er vaak sprake is van een hoge wachttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie. De hoge wachttijden worden veroorzaakt doordat er vaak een extra vrachtwagen ingezet wordt om de onzekerheid binnen de logistieke cyclus op te vangen.

Binnen dit document is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om de planning en voorspelling van de asfaltlogistiek te verbeteren. De asfaltlogistiek wordt verbeterd als de efficiëntie verhoogd kan worden waarbij de kwaliteit van het eindproduct gewaarborgd blijft.

7.1. Conclusies

Op basis van interviews en literatuur is er onderzocht welke factoren de logistieke cyclus beïnvloeden gedurende de asfalterwerkzaamheden (zie paragraaf 2.1 en 2.3). De belangrijkste invloedsfactoren op het asfalttransport zijn de afstand en route, de files en het rij- en rusttijdenbesluit. Daarnaast beïnvloedt het asfaltverwerkingsproces de logistieke cyclus met de snelheid van de ASM, de capaciteit van de asfaltset en de projecteigenschappen.

Om de planning en de planning van de asfaltlogistiek te verbeteren wordt er binnen dit onderzoek gebruik gemaakt van simulaties. Er wordt gebruik gemaakt van EZStrobe, dit is eenvoudige en toch krachtige simulatiesoftware ontwikkeld voor de bouwsector. Binnen de simulatiesoftware wordt de duur van de activiteiten gebaseerd op statistische verdelingen (Martinez, 1998). Door de toepassing van statistische verdelingen voor de duur van activiteiten wordt het stochastische effect meegenomen worden binnen de simulaties. Om tot de juiste verdelingen te komen is er data verzameld op een aantal verschillende asfaltprojecten.

In het kader van dit onderzoek is er als basis gebruik gemaakt van een bestaand simulatiemodel (Boenders, 2008), deze is geanalyseerd en verder ontwikkeld. Uit de analyse is gebleken dat het simulatiemodel aangepast dient te worden, de volgende verbeterpunten zijn doorgevoerd:

- Verbetering van het begin van de werkdag voor de vrachtwagens bij de asfaltcentrale;
- Toevoeging van het rij- en rusttijdenbesluit;
- Toevoeging van de activiteit schoonmaken;
- Toevoeging van de verwerking van asfalt op de verwerkingslocatie, op basis van de snelheid en capaciteit van de asfaltset (hierdoor is het mogelijk om de toepassing van de Shuttle Buggy te simuleren); en
- Registratie van de stilstand van de asfaltspreidmachine.

Op basis van de projecten van de dataverzamelingen zijn er diverse simulaties uitgevoerd. Op basis van de simulatieresultaten kan het volgende geconcludeerd worden:

- Om stilstand van de ASM te voorkomen (kwaliteitsuitgangspunt bij het plannen) is het noodzakelijk om minimaal één vrachtwagen meer in te zetten t.o.v. productiviteitsuitgangspunt (alleen gericht op het behalen van de tonnen).
- Het aantal vrachtwagens dat benodigd is (het aantal vrachtwagens dat daadwerkelijk ingezet is tijdens de dataverzameling) wordt op basis van het balansuitgangspunt vaak overschat;
- Verkorten van de doorlooptijd, vereist de inzet van meer vrachtwagens;
- Vaak ontstaan onnodig hoge wachttijden op de verwerkingslocatie doordat de vrachtwagens aan het begin van de werkdag vlak na elkaar geladen worden. Strakke organisatie hiervan kan lijden tot een verhoging van de efficiëntie.

Om het logistieke planningsproces te verbeteren, is er onderzocht hoe het verbeterde simulatiemodel gebruikt kan worden voor het plannen van de logistieke cyclus. Het planningsproces op basis van het simulatiemodel verschilt wezenlijk met de traditionele planningsmethodiek, daarom is er een procedure geformuleerd voor het plannen met het simulatiemodel. De volgende stappen dienen gevolgd te worden ten behoeve van het plannen van de asfaltlogistiek:

1. Wijzig op basis van de projecteigenschappen de input variabelen;
2. Pas de statistische verdelingen aan op basis van de project specifieke omstandigheden (zie Bijlage F);
3. Ga op zoek naar de optimale inzet van materieel met behulp van een iteratief proces. Hierbij kan er gezocht worden naar het optimum door wijzigingen door te voeren in de input; vervolgens
4. Analyseer de simulatie output.

Om de nauwkeurigheid van het simulatiemodel te kunnen waarborgen is het aan te raden op de statistische data actueel te houden. Voor deze datavoeding dient er gebruik gemaakt te worden van GPS –data die via de transporteur verkregen wordt. Er hangt echter een nadeel aan de toepassing van GPS –data voor de dataverzameling: Niet elke vrachtwagen is voorzien van een GPS datalogger. Daar tegenover staat wel een accuraat en objectief beeld van het logistieke proces, bovendien worden steeds meer vrachtwagens door de transporteurs voorzien van GPS –chips.

Om adequaat te kunnen anticiperen op veranderingen in de logistieke cyclus, is het noodzakelijk dat er gedurende de uitvoering van asfalteringswerkzaamheden een onderbouwde voorspelling van de logistieke cyclus gemaakt wordt. Bij deze voorspellingen is het van belang dat er een voorspelling gemaakt wordt van de aankomsttijd van de vrachtwagens op de productie- en verwerkinglocatie. Op basis van deze voorspellingen is het mogelijk om de aansluitende processen optimaal aan te passen op de variaties in de asfaltlogistiek.

Op basis van een analyse van bestaande ICT –toepassingen is gebleken dat er op dit moment geen ICT –toepassing beschikbaar is op de markt die een voorspelling kan maken van de asfaltlogistiek. Vanwege het ontbreken van een bestaande toepassing wordt er aangeraden om een nieuwe software applicatie te ontwikkelen ten behoeve van de voorspelling van de logistieke cyclus. Binnen deze nieuwe applicatie dient een te verwachte aankomsttijd van de vrachtwagens op de verwerking- en productielocatie berekend te worden. Hierbij dient er rekening gehouden te worden met de reistijd (routeplanner) en vertragingen (file -informatie). Op basis van de aankomsttijden kan er ook een advies opgesteld worden met betrekking tot de snelheid van de ASM.

Om deze voorspellingen te kunnen maken is het noodzakelijk dat er een aantal bestaande ICT –toepassingen (eRoutes, Pavelog, routeplanner, file –informatie) geïntegreerd worden met het simulatiemodel. Vanuit praktische overwegingen wordt afgeraden op gebruik te maken van GPS –data t.b.v. de voorspelling van de reistijd, de belangrijkste oorzaak is hiervoor dat men gebruik maakt van ingehuurd transport. Daarnaast wordt er binnen de nieuwe applicatie gebruik gemaakt van gegevens die afkomstig zijn vanuit eRoutes (weegbonnen asfaltcentrale) en Pavelog (gegevens verwerking). Het is noodzakelijk dat met name de stabiliteit van deze applicaties verbeterd wordt, daarnaast dienen deze applicaties over de gehele organisatie geïmplementeerd te worden.

7.2. Eindresultaat

In de voorbereiding zijn er een probleemstelling en doelstelling geformuleerd, op basis hiervan is een beoogd eindresultaat i.c.m. onderzoeksvragen geformuleerd. In deze paragraaf zal onderzocht worden het beoogde eindresultaat behaald is in dit onderzoek. Er zal per eindresultaat aangegeven worden of hier aan voldaan is en hoe dat dit bereikt is.

1. Aanpassen van bestaande EZStrobe –model;

Er zijn diverse aanpassing doorgevoerd aan het simulatiemodel dat is ontwikkeld door Boenders(2008), door deze aanpassingen is het simulatiemodel een betere weerspiegeling van de werkelijke situatie.

2. EZStrobe –modellen maken voor bijzondere situaties;

Hier is slechts deels aan voldaan, is er voor de A10 een begin gemaakt voor het verwerken van asfalt met twee asfaltspreidmachines. Er zijn echter nog meer bijzondere situaties waarvoor geen model is ontwikkeld binnen dit onderzoek, het advies is dan ook om hier vervolg onderzoek naar te doen.

3. Verbetering van statistische input voor de modellen;

Er zijn op vier verschillende projecten gegevens verzameld van het logistieke proces, hierdoor zijn er meer gegevens verzameld voor de simulatiemodellen. Deze gegevens zijn verzameld m.b.v. GPS dataloggers wat de nauwkeurigheid en objectiviteit verhoogd t.o.v. de verzamelmethode gehanteerd door Boenders(2008). Er zijn binnen dit onderzoek dus meer en nauwkeurigere gegevens verzameld waardoor de statistische input verbeterd is. Door wijzigingen aan het simulatiemodel zijn de statistische gegevens uit het onderzoek van Boenders echter niet meer bruikbaar voor het simulatiemodel.

4. EZStrobe –model bruikbaar maken voor de calculatie en werkvoorbereiding;

In hoofdstuk 4 is aangegeven hoe het model gebruikt kan worden voor de planning van de werkzaamheden. Er is naar gestreefd om zoveel mogelijk via de input tabel te laten verlopen, echter door de verschillende statistische verdelingen bij de verschillende activiteiten is dit niet altijd mogelijk. Voor de juiste statistische keuze is er een flowchart opgesteld ter ondersteuning van het planningsproces (zie Bijlage F).

5. Inzicht geven in ICT –toepassingen die bijdragen aan de optimalisatie van het logistieke proces.

Er is een overzicht gegeven van een aantal verschillende ICT –toepassingen die bruikbaar zijn binnen de asfaltverwerking. Vervolgens is onderzocht hoe deze toepassingen praktisch toepasbaar zijn en te gebruiken zijn voor de voorspelling van de cyclustijden in combinatie met het simulatiemodel. Al dient voor dit laatste wel een nieuwe software applicatie ontwikkeld te worden.

7.3. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek is naar voren gekomen dat het simulatiemodel nog verder ontwikkeld kan worden. Er wordt dan ook aangeraden om vervolgonderzoek uit te voeren op diverse onderwerpen, om zo het simulatiemodel verder door te ontwikkelen. Er dient vervolgonderzoek gedaan te worden naar:

1. De mogelijkheid om binnen het simulatiemodel twee ASMs op elkaar te laten wachten in geval van stilstand;
2. De mogelijkheid om binnen het simulatiemodel één of twee ASMs te voeden vanuit twee verschillende ACs;
3. De mogelijkheid om binnen het simulatiemodel de invloed van het werkvak mee te nemen gedurende de verwerking van het asfalt;
4. De mogelijkheid om binnen het simulatiemodel de invloed van de andere afnemers bij de AC op de laadtijd van de vrachtwagens mee te nemen.
5. De ontwikkeling van een grafische schil t.b.v. het plannen van de asfaltlogistiek ter verhoging van het gebruiksgemak van het planningsproces m.b.v. het simulatiemodel; en
6. De ontwikkeling van een software applicatie t.b.v. de voorspelbaarheid van de logistieke cyclus op basis van het simulatiemodel. Hierbij is het van belang dat diverse ICT –applicaties geïntegreerd worden.

8. Literatuurlijst

- AbouRizk, S. M. and D. W. Halpin (1990). "Probabilistic simulation studies for repetitive construction processes." Journal of Construction Engineering and Management vol. 116(no. 4): pp. 575-594.
- Asphalt-Institute (1980). "Factors affecting compaction." Educational Series No. 9 (ES-9).
- Asphalt-Institute (1989). The Asphalt Handbook. Lexington, Asphalt Institute.
- Beers, P. J. J. M. v. and A. v. d. Burg (2007). Shuttle Buggy. Asfalt: 26-29.
- Beers, P. J. J. M. v. and S. Mangnus (2006). Shuttle Buggy, Innovatieprogramma Geluid (IPG).
- Boenders, M. S. I. (2008). Verbeterd asfaltverwerkingsproces door simulatie? Department of Civil Engineering and Management. Enschede, University of Twente.
- Bouvet, D., G. Garcia, et al. (2001). Precise 3-D Localization by Automatic Laser Theodolite and Odometer for Civil-engineering Machines. IEEE International Conference on Robotics & Automation. Seoul, Korea, IEEE.
- Brock, J. D. and H. Jakob (1998). Temperature Segregation/Temperature Differential Damage, Astec Industries.
- Brock, J. D., J. G. May, et al. (1996). Segregation Causes and Cures. Chattanooga, Astec Industries.
- CEDEX, T. M. o. Transport, et al. (2006). Sacyr of Spain Puts the Roadtec Shuttle Buggy® to the Test, Spain.
- CROW (2008). Standaard RAW bepalingen - Wijzigingen mei 2008. CROW. EDE, CROW. 31.22.11.
- Daft, R. L. (2006). The New Era of Management. Mason, Ohio, South-Western / Thomson.
- de Jong, E. (2007). "Kwaliteitsborging zonder administratie." VBW Asfalt(3).
- Dorée, A. and H. t. Huerne (2005). Professionalisering asfalt wegenbouw sector. Enschede, Universiteit Twente: 7.
- Dorée, A. and H. Ter Huerne (2004). Development of tools & models for improvement of the asphalt paving process. Enschede, Twente University.
- Europees-Parlement-en-de-Raad (2006). Verordening rij- en rusttijdenbesluit. Ministerie-van-Verkeer-en-Waterstaat. Verordening (EG) nr. 561/2006.
- Garmin (2000). GPS Guide for Beginners. Olathe, Kansas, Garmin International, Inc.
- Garvin, D. A. (1984). "What does "product quality" really mean?" Sloan Management Review Vol. 12(Nr. 1): 25-43.
- Google. (2010). "KML Tutorial." Retrieved 13-05-2010, 2010, from http://code.google.com/intl/nl/apis/kml/documentation/kml_tut.html.
- Groenendijk, J., W. v. d. Pangaard, et al. (2007). Verslag van de workshop 'Kompaktasfalt' op 14 maart 2007 bij de Hermann Kirchner Bauunternehmung in Bad Hersfeld, Duitsland, Innovatie Programma Geluid (IPG).
- Halpin, D. W. and L. S. Riggs (1992). Planning and analysis of construction operations. New York, John Wiley & Sons.
- Hassan, M. M. and S. Gruber (2007). Estimation of concrete paving construction productivity using discrete event simulation. 43th Annual Conference of the Assorted Schools of Construction, Flagstaff, Arizona.
- Henault, J. W. (1999). Development of guidelines for reduction of temperature differential damage (TDD) for hot mix asphalt pavement projects in Connecticut. Rocky Hill, CT; Springfield, VA, Connecticut Dept. of Transportation, Bureau of Engineering and Highway Operations, Division of Research.
- Hildreth, J. C. (2003). The use of short-interval GPS data in construction operations analysis. Civil Engineering. Blacksburg, Virginia, Virginia Polytechnic Institute and State University. PhD.
- Jiang, Y. (2003). "The effects of traffic flow rates at freeway work zones on asphalt pavement construction productivity." Transportation quarterly 57(3): 83.
- Jordans, M., K. Verweij, et al. (2007). "Werk in uitvoering" - Op zoek naar mogelijke verbeteringen in de asfaltlogistiek, TNO.
- Jung, R. (2008). 3D Asphalt paving of special profiles for comfort tests at the example of a new HGV-Test track. 1st International Conference on Machine Control & Guidance 2008, Zurich, Switzerland.
- KiM (2008). Mobiliteitsbalans 2008: Congestie in perspectief. Den Haag, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

- Lavin, P. G. (2003). Asphalt Pavements, A practical guide to design, production, and maintenance for engineers and architects. Londen, Spon Press.
- Law, A. M. (2007). Simulation, Modeling and Analysis. Boston, McGraw-Hill.
- Martinez, J. C. (1998). EZStrobe: general-purpose simulation system based on activity cycle diagrams. Proceedings of the 30th conference on Winter simulation, Arlington, Virginia, IEEE Computer Society.
- Mattivi, N. (2008). Trimble offers the Connected Construction Site: Connecting Office, People and Machines: The New Way to Increase Productivity on Earthmoving and Road Construction Sites. 1st International Conference on Machine Control & Guidance 2008, Zurich, Switzerland.
- Miller, S. and A. Dorée (2008). Improving logistics in the asphalt paving process - What can we learn from the planner logic? ARCOM. Cardiff.
- Montgomery, D. C. (2005). Introduction to Statistical Quality Control, John Wiley & Sons, Inc.
- Moore, D. S. and G. P. McCabe (1999). Statistiek in de praktijk. Schoonhoven, Academic Service.
- Nassar, K., W. Thabet, et al. (2003). "Simulation of asphalt paving operations under lane closure conditions." Automation in Construction 12(5): 527-541.
- NCAT (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction. Lanham, Maryland, NAPA Research and Education Foundation.
- NCDOT (2009). Superpave: Hot Mix Asphalt Quality Management System. Raleigh North Carolina Department of Transportation.
- Peyret, F., J. Jurasz, et al. (2000). "The Computer Integrated Road Construction project." Automation in Construction 9: 447-461.
- Peyret, F. and R. Tasky (2002). Asphalt quality parameters traceability using electronic tags and GPS. International Symposium on Automation and Robotics in Construction 2002, Washington DC.
- Reed-Business. (2009). "Woordenlijst Logistiek.nl." Retrieved 12-08-2009, 2009, from <http://www.logistiek.nl/woordenlijst/index.php#F>.
- Roadware. (2009a). "Pavelog." Retrieved 28-04-2009, 2009, from <http://www.roadware.nl/Default.aspx?tabid=1820>.
- Roadware. (2009b). "Pavetag." Retrieved 28-04-2009, 2009, from <http://www.roadware.nl/Default.aspx?tabid=7839>.
- Routenet. (2009a). "Routenet Routeplanner (Aziëhavenweg naar Lelystad Noord)." Retrieved 19-06-2009, from http://www.routenet.nl/?addresses=531273_6865097_Azi%c3%abhavenweg_1045_Amsterdam_NL_5%7c614981_6891699_Lelystad+Noord_8219_Lelystad_NL_5.
- Routenet. (2009b). "Routenet Routeplanner (Nijverheidsstraat te Nijkerk naar Bennekomsesteeg te Wageningen)." Retrieved 12-10-2009, from http://www.routenet.nl/?addresses=608693_6836038_Nijverheidsstraat_42_3863_Nijkerk+GLD_NL_3%7c627566_6790698_Bennekomsesteeg_6708_Wageningen_NL_5&optimisation=optimal&vehicle=truckslow&display=&avoid=.
- Routenet. (2010). "Routenet Routeplanner (Aziëhavenweg naar A10 Oost)." Retrieved 06-01-2010, from http://www.routenet.nl/default.aspx?addresses=531273_6865097_Azi%c3%abhavenweg_1045_Amsterdam_NL_5%7c553837_6858267_Ijburglaan_1087_Amsterdam_NL_5&optimisation=optimal&vehicle=truckslow&display=&avoid=.
- Schmeiser, B. (1982). "Batch size effects in the analysis of simulation output." Operations Research Vol. 30(no. 3).
- Shapiro, S. S. and M. B. Wilk (1965). "An Analysis of Variance Test for Normality." Biometrika Vol. 52(No. 3/4): pp. 591-611.
- Simons, B. J. A. G. (2007). Op weg naar een beheerst asfaltverwerkingsproces. Department of Civil Engineering and Management. Enschede, University of Twente.
- Simonsson, P. and J. Carlswärd (2005). "Evaluation of a GPS support system for fleet management control." I.T. support for lean Construction: 179-186.
- SiRF (2005). NMEA Reference Manual. San Jose, CA, SiRF Technology, Inc.
- Sturm, A. and W. Vos (2008). New Technologies for telematics and machine control. 1st International Conference on Machine Control & Guidance 2008, Zurich, Switzerland.
- SZW. (2009). "Arbeidstijden Specifieke regels: wegvervoer." Retrieved 02-04-2009, from http://home.szw.nl/index.cfm?menu_item_id=13736&hoofdmenu_item_id=13825&rubriek_item=391909&rubriek_id=391817&set_id=123&doctype_id=6&link_id=116250#link89051100.

- Ter Huerne, H. L. (2004). *Compaction of asphalt road pavements using finite elements and critical state theory*. Netherlands, [s.n.].
- Topcon. (2009). "Topcon: 3D-millimeter GPS+." Retrieved 25-08-2009, from <http://www.topconpositioning.com/products/gps/millimeter-gps-/3d-millimeter-gps-.html>.
- Truckstar. (2007). "Truckstar woordenlijst." Retrieved 03-07-2009, from <http://www.truckstar.nl/page.asp?id=201>.
- VBW-Asfalt (1996). *Asfalt in wegen- en waterbouw*. Breukelen, Vereniging tot Bevordering van Werken in Asfalt.
- VBW-Asfalt (2001). *Onderzoek naar mogelijke verbeteringen in de afstemming tussen asfaltproductie en -verwerking*. Geldermalsen, VBW-Asfalt: 34.
- VBW-Asfalt (2003). *Waarom walsen?* Breukelen, Vereniging tot Bevordering van Werken in Asfalt: 26.
- VerkeersInformatieDienst. (2009). "Fileproblematiek." Retrieved 02-04-2009, from <http://www.vid.nl/fileproblematiek.html>.
- Vögele. (2007). "Innovative NAVITRONIC® Plus System for 3D Machine Control from VÖGELE." Retrieved 25-08-2009, from http://www.voegle.info/en/aktuelles_und_presse/pressemeldungen/presse_detail_151.html.
- Vulperhorst, L. (2005). *Verzwegen onderneming*. Amsterdam, Van Gennep.
- Wieringen, I. J. B. M. v. and I. J. Hoogwerff (2004). *Tweelaags ZOAB Zebravakken 2003*, Innovatie Programma Geluid (IPG).
- Wikipedia. (2009). "Beta distribution." Retrieved 07-07-2009, from http://en.wikipedia.org/wiki/File:Beta_distribution_pdf.png.
- Zayed, T. M., D. W. Halpin, et al. (2005). "Productivity and delays assessment for concrete batch plant-truck mixer operations." *Construction Management and Economics* 23(8): 839.

9. Bijlagen

Bijlage A	Rijttijdenwet	1
Bijlage B	Analyse interviews.....	2
B-1	Vragenlijst.....	2
B-2	Interviews	4
B-3	Resultaten	4
Bijlage C	Verzamelde data.....	14
C-1	Aziëhavenweg te Amsterdam	14
C-2	A6 afslag 11 Lelystad –noord.....	16
C-3	A10 ring oost	19
C-4	Bennekomsesteeg - Wageningen.....	21
Bijlage D	Statistische analyse	22
D-1	Aziëhavenweg te Amsterdam	22
D-2	A6 afslag 11 Lelystad –noord.....	31
D-3	A10 ring Oost	44
D-4	Bennekomsesteeg Wageningen.....	53
Bijlage E	Simulatie resultaten	62
E-1	Aziëhavenweg	62
E-2	A6 afslag 11 Lelystad –noord.....	63
E-3	A10 ring Oost	68
E-4	Bennekomsesteeg Wageningen.....	69
Bijlage F	Algemeen Statistiek Flowchart.....	71
Bijlage G	Verzameling en verwerking GPS –data.....	72
G-1	Instellen dataloggers	72
G-2	Verzamelen GPS -data	75
G-3	Downloaden GPS -data	75
G-4	Verwerken GPS –data	75
G-5	Analyse GPS -data	78

Bijlage A Rijtijdenwet

Op basis van verordening (EG) nr. 561/2006 zijn een aantal eisen met betrekking tot de rij- en rusttijden van een chauffeur opgesteld, voor deze eisen zie Tabel B- 1.

	Standaard Regel	Bijzonderheden
Maximale rijtijd dagelijks	9 uur (EG 561/2006 art. 6 lid 1)	10 uur, max. 2 keer per week(EG 561/2006 art. 6 lid 1)
Maximale rijtijd wekelijks	56 uur (EG 561/2006 art. 6 lid 2)	
Maximale rijtijd tweewe- kelijks	90 uur (EG 561/2006 art. 6 lid 3)	
Ononderbroken rijtijd	4 ½ uur (EG 561/2006 art. 7)	Na deze rijtijd dient men een onderbreking te nemen, tenzij deze rusttijd neemt.
Minimale onderbreking	45 minuten, deze onderbreking kan vervangen worden door een onderbreking van 15 min. gevolg door een onderbreking van 30 min (in deze volgorde). (EG 561/2006 art. 7)	
Minimale dagelijkse rust- tijd	11 uur aaneengesloten (EG 561/2006 art. 4 lid g)	De mag ook opgesplitst worden een periode van 3 uur (ononderbroken) en 9 uur (ononderbroken) (EG 561/2006 art. 4 lid g) Het is toegestaan om 3 keer per week een verkorte dagelijkse rusttijd te nemen, dit is een rusttijd van min. 9 uur en minder dan 11 uur. (EG 561/2006 art. 8 lid 4)
Minimale wekelijkse rust- tijd	45 uur aaneengesloten (EG 561/2006 art. 4 lid h)	Het is eens per twee weken toegestaan een verkorte wekelijkse rusttijd van minimaal 24 uur te nemen, dit dient wel voor het einde van de derde week gecompenseerd te worden (EG 561/2006 art. 8 lid 6)
Vrije zondagen	Minimaal 13 vrije zondagen per 52 weken (Artikel 5:6 van de Arbeidstijdenwet)	
Nachtdiensten	Ten hoogste 52 nachtdiensten per 16 weken en 140 nachtdiensten per 52 weken. Ten hoogste 38 uren arbeid tussen 0:00 en 6:00 per 2 weken. Ten hoogste 10 uur in een periode van 24 uur, vanaf het begin van de dienst.(SZW, 2009)	Speciale regels voor de aanleg en onderhoud van wegen en railverbindingen(SZW, 2009).

Tabel B- 1: Samenvatting rij- en rusttijdenbesluit

Bijlage B Analyse interviews

In het kader van de verkenning van de planningsmethodiek en het logistieke proces binnen de asfaltverwerking zijn er een aantal interviews afgenomen. Deze interviews zijn afgenomen binnen de regio's Noordwest, West en Oost van BAM Wegen. De interviews zijn afgenomen met mensen die verschillende functies vervullen binnen de organisatie, aangezien er binnen verschillende momenten binnen het proces naar het logistieke proces binnen de asfaltverwerking gekeken wordt.

B-1 Vragenlijst

Het interview bestaat uit twee delen namelijk het eerste deel de planning van het asfalteringsproces en het tweede deel de asfaltlogistiek in zijn algemeen.

Planning van het asfalteringsproces	
1	Hoe wordt het aantal vrachtwagens dat ingezet wordt bepaald? Welke methode wordt hiervoor gehanteerd?
2	Wie bepaald de snelheid van de asfaltspreidmachine?
3	Hoe wordt de snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald?
A.	Aan de hand van de geplande dagproductie.
B.	Zo snel mogelijk klaar zijn (productiviteit).
C.	Het type te verwerken mengsel.
D.	Invloed van de snelheid op de kwaliteit.
E.	Verhouding met de snelheid van de walsen en het verdichtingswindow.
F.	Overige...
4	Hoe wordt de transporttijd bepaald?
5	Wat voor soort contractafspraken heb je met de transporteur betreffende de kosten voor het transport? Wat is de rede om voor een bepaald type contract te kiezen?
6	Welke factoren worden er meegenomen bij het bepalen van de transporttijd?
7	Hoe wordt de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale bepaald? Welke factoren worden hierbij meegenomen?
8	Hoe wordt de laadtijd bij de asfaltcentrale bepaald? Welke factoren worden hierbij meegenomen?
9	Hoe wordt de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine bepaald? Welke factoren worden hierbij meegenomen?
10	Hoe wordt de lostijd bij de asfaltspreidmachine bepaald? Welke factoren worden hierbij meegenomen?
11	Welke hulpmiddelen en/of tools zijn er beschikbaar voor het maken van de planning? Welke van deze hulpmiddelen en/of tools worden ook daadwerkelijk gebruikt?
12	Wat is de belangrijkste factor bij het bepalen van de asfaltcentrale voor een project?
A.	Verplichtingen van de regio ten opzichte van de asfaltcentrale (minimale afname).
B.	Afstand tussen asfaltcentrale en asfaltverwerkingslocatie.

	C. Type asfaltmengsel dat toegepast wordt.
	D. Prijs van het asfalt bij de asfaltcentrale.
	E. Overige...
Asfaltlogistiek	
13	Welke factoren beïnvloeden de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale? Hoe groot is deze invloed op de wachttijd?
	A. Het aantal vrachtwagens dat ingezet is.
	B. Vrachtwagens van een ander project dat ook asfalt afneemt bij de centrale.
	C. Productiecapaciteit van de asfaltcentrale.
	D. Buffercapaciteit van de asfaltcentrale.
	E. Asfaltcentrale raakt defect.
	F. Overige...
14	Welke factoren beïnvloeden de laadtijd van een vrachtwagen bij de asfaltcentrale? Hoe groot is de invloed van deze factoren op de laadtijd?
	A. Switchen van silo's
	B. Asfaltcentrale raak defect.
	C. Overige...
15	Welke factoren beïnvloeden de transporttijd van de vrachtwagens tussen de asfaltcentrale en de asfaltverwerkingslocatie en andersom? Hoe groot is deze invloed?
	A. Afstand / Reistijd.
	B. File.
	C. Rijtijdenwet.
	D. Rijstijl.
	E. Gewicht vrachtwagen.
	F. Afsluiten van wegvak, t.b.v. eigen werkzaamheden.
	G. Vrachtwagen raakt defect.
	H. Omgeving van de het project (Randstad of platteland).
	I. Overige...
16	Welke factoren beïnvloeden de wachttijd op de verwerkingslocatie? Hoe groot is deze invloed op de wachttijd?
	A. Het aantal vrachtwagens dat ingezet is.
	B. Buffercapaciteit van de asfaltset (asfaltspreidmachine en/of Shuttle Buggy).
	C. Aantal asfaltspreidmachines.
	D. Productiviteit / snelheid van asfaltspreidmachine.
	E. Eigenschappen van het werk (binnen/ buiten bebouwde kom, snelweg etc.).
	F. Materieel (asfaltspreidmachine/Shuttle Buggy/Walsen) raakt defect.
	G. Weer.
	H. Manoeuvrerruimte binnen wegvak.
	I. Overige...
17	Welke factoren beïnvloeden de lostijd van een vrachtwagen bij de asfaltspreidmachine? Hoe groot is de invloed van deze factoren op de lostijd?
	A. Buffercapaciteit van de asfaltset (asfaltspreidmachine en/of Shuttle Buggy).
	B. Eigenschappen van het werk (binnen/ buiten bebouwde kom, snelweg etc.).
	C. Materieel raakt defect.
	D. Einde van de baan (Asfaltset dient verplaatst worden)
	E. Eigenschappen van de laag (dikte, breedte)
	F. Overige...
18	Welke factoren beïnvloeden het gehele asfaltverwerkingsproces? Hoe groot is de invloed van deze factoren op het proces?
	A. Weer.
	B. Het verwerken van asfalt van meerdere asfaltcentrales.
	C. Overige...
19	Wat is het belangrijkste aspect binnen het gehele asfalteringsproces?
	A. Snelheid van de asfaltspreidmachine.

B.	Productiecapaciteit asfaltcentrale.
C.	De asfaltspreidmachine mag niet stil komen te staan.
D.	Behalen van de dagproductie.
F.	Overige...
20	Wat is de belangrijkste kwaliteitsparameter uit het uitvoeringsproces?
A.	De asfaltspreidmachine mag niet stil komen te staan.
B.	Asfalttemperatuur bij aflevering op de verwerkingslocatie.
C.	Asfalttemperatuur bij het verdichten.
D.	Het weer.
E.	Overige...

B-2 Interviews

	Functie	Regio	Datum
Interview 1	Assistent Asfaltcoördinator	Oost / Midden	25-6-2009
Interview 2	Asfaltcoördinator	West	9-4-2009
Interview 3	Hoofd Bedrijfsbureau	West	9-4-2009
Interview 4	Hoofd Bedrijfsbureau	Oost	8-4-2009
Interview 5	Asfaltcoördinator	Oost	7-4-2009
Interview 6	Werkvoorbereider	Oost	8-4-2009
Interview 7	Trainee	NoordWest	6-4-2009
Interview 8	Asfaltcoördinator	NoordWest	5-6-2009
Interview 9	Calculator	NoordWest	6-4-2009

B-3 Resultaten

B-3.1 Vraag 1

Hoe wordt het aantal vrachtwagens dat ingezet wordt bepaald?

Welke methode wordt hiervoor gehanteerd?

Er wordt door de diverse geïnterviewden geen eenduidige methode gehanteerd. Ondanks dat komt de benadering over het algemeen op neer op de volgende rekensom:

$$\begin{aligned} \text{aantal vrachtwagens} &= \frac{\text{aantal benodigde cycli}}{\text{cycli per vrachtwagen}} \\ \text{aantal benodigde cycli} &= \frac{\text{totaal te verwerken asfalt [ton]}}{\text{laadcapaciteit per vrachtwagen [ton]}} \\ \text{cycli per vrachtwagen} &= \frac{\text{werkdag [uren]}}{\text{cyclustijd [uren]}} \end{aligned}$$

Formule 4: Berekening t.b.v. bepalen van het aantal vrachtwagens

Binnen de cyclustijd worden de volgende zaken meegenomen: de reistijd (er wordt niet altijd onderscheid gemaakt tussen de heen- en terugreis), vertragingen, laadtijd en lostijd (inclusief het schoonmaken). Wat opvalt, is dat de wachttijden bij de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie niet meegenomen wordt binnen de berekening. De verschillende vormen van vertraging in de vorm van files en wachttijden van de vrachtwagens worden opgevangen in de post vertragingen. Binnen de calculatie wil men een prijs voor het transport per ton asfalt hebben, ondanks dat het doel anders is, komt de methode in grote lijnen overeen met Formule 4, het verschil zit hem in het feit dat het aantal vrachtwagens vast staat en de financiële factor meegenomen wordt (zie Formule 5).

$$\text{prijs per ton asfalt [€/ton]} = \frac{\text{uurtarief [€/uur]}}{\frac{60 [\text{min/uur}]}{\text{cyclustijd [min]}} * \text{laadvermogen [ton]}}$$

Formule 5: Berekening prijs/ton voor asfalttransport

B-3.2 Vraag 2

Wie bepaald de snelheid van de asfaltspreidmachine?

Gedurende de dag wordt de snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald door de machinist, de machinist probeert de snelheid van de ASM zoveel mogelijk af te stemmen op de aanvoer van het asfalt. Van te voren wordt de snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald door de asfaltcoördinator in samenspraak met de uitvoerder. Hierbij geldt als belangrijkste uitgangspunt dat de asfaltspreidmachine niet stil komt te staan.

B-3.3 Vraag 3

Hoe wordt de snelheid van de asfaltspreidmachine bepaald?



Grafiek B- 1: Snelheid asfaltspreidmachine

In Grafiek B- 1 zijn de resultaten weergegeven van vraag 3, hieruit blijkt dat de geplande dagproductie de belangrijkste factor is bij het bepalen van de snelheid van de asfaltspreidmachine. Daarnaast zijn de laageigenschappen (zoals de laagdikte, breedte, etc.) belangrijke aspecten bij het bepalen van de snelheid, aangezien deze de hoeveelheid asfalt per m¹ beïnvloedt.

B-3.4 Vraag 4

Hoe wordt de transporttijd bepaald?

Uit de interviews is naar voren gekomen dat de transporttijd tussen de asfaltcentrale en de werkingslocatie grotendeels gebaseerd wordt op basis van ervaring. Doordat men al lang in dezelfde regio werkt weet men hoe lang ze erover doen om ergens naar toe te rijden en wat de vertragingen zijn ten gevolge van de files. Ook wordt er door diverse mensen een online routeplanner waarbij men een vrachtwagen kan instellen (bv. <http://www.routenet.nl/>) gebruikt in combinatie met de ervaring betreffende mogelijke vertragingen. In geval van twijfel betreffende de transporttijden wordt er overlegd met de (vaste) transporteur betreffende de reistijd.

B-3.5 Vraag 5

- *Wat voor soort contractafspraken heb je met de transporteur betreffende de kosten voor het transport?*
- *En wat is de rede om voor een bepaald type contract te kiezen?*

Uit de interviews is gebleken dat er altijd voor een contract wordt gekozen op basis van een prijs voor de vrachtwagens per uur. Voor de grote asfaltprojecten wordt er regelmatig gekozen voor een contract op basis van een prijs per ton. De rede hiervoor is om het risico te verplaatsen naar de transporteur. Het nadeel van deze overeenkomst is echter dat er veel contractuele afspraken gemaakt dienen te worden, waarbij het in de praktijk regelmatig tot problemen leidt met betrekking tot het schrijven van wachturen van de vrachtwagens.

De uitzondering op deze regel is BAM Wegen Regio West, waarbij in principe alles wordt geregeld op basis van een contract in de tonnen, echter bij bijzonder werk (denk hierbij aan kleuren asfalt, lossen met een kraantje, etc.) en klein werk wordt een overeenkomst gesloten op basis van een urenprijs per vrachtwagen.

B-3.6 Vraag 6

Welke factoren worden er meegenomen bij het bepalen van de transporttijd?

Alle geïnterviewden geven aan dat ze de volgende punten meenemen bij het bepalen van de transporttijd tussen de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie:

- Afstand en de route in relatie tot de omgeving (In de Randstad haalt men over het algemeen een lagere gemiddelde snelheid dan in andere delen van het land);
- Eventuele vertragingen in de vorm van files.

Daarnaast is er door een iemand aangegeven dat het weer de transporttijd beïnvloedt. De invloed van het weer op het verkeer vertaalt zich echter meer in de vorm van files wat de reistijd verlengt. In de regio west is er aan gegeven dat de files de laatste jaren minder worden in de omgeving van Den Haag.

B-3.7 Vraag 7

Hoe wordt de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale bepaald?

Welke factoren worden hierbij meegenomen?

Zoals al aangegeven in Vraag 1 wordt er bij het plannen van de asfaltlogistiek niet expliciet rekening gehouden met de wachttijden van de vrachtwagens bij asfaltcentrale. Er wordt wel een post vertraging verwerkt binnen de transportcyclus, daar dient echter wel alle vertraging binnen het gehele proces mee opgevangen te worden.

De asfaltcoördinator van regio Oost geeft aan dat de laadtijd bij een asfaltcentrale ruim ingepland wordt, aangezien het daadwerkelijke laden in principe in 5 minuten voltooid is, er wordt echter gerekend met een laadtijd van 10 minuten.

Het hoofd bedrijfsbureau van regio West geeft aan dat er wel rekening wordt gehouden met enige vorm van vertraging, namelijk 5 minuten op basis van ervaring. Er wordt echter niet gekeken of het druk is bij de asfaltcentrale aangezien dat nog niet te voorspellen is gedurende de calculatie –fase.

B-3.8 Vraag 8

Hoe wordt de laadtijd bij de asfaltcentrale bepaald?

Welke factoren worden hierbij meegenomen?

Op basis van ervaring wordt hier een tijd voor aangenomen, dit ligt meestal ergens tussen de 5 en 10 minuten. Hierbij wordt er rekening meegehouden hoeveel mengsel een asfaltcentrale op de betreffende dag moet produceren (behalve bij de calculatie).

B-3.9 Vraag 9

Hoe wordt de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine bepaald?

Welke factoren worden hierbij meegenomen?

Zoals al aangegeven in Vraag 1 wordt er bij het plannen van de asfaltlogistiek niet expliciet rekening gehouden met de wachttijden van de vrachtwagens bij asfaltspreidmachine. Men gaat er zeker bij grote projecten vanuit dat de vrachtwagen niet hoeft te wachten op de verwerkingslocatie, tenzij het ingepland wordt dat er vrachtwagens stil komen te staan.

B-3.10 Vraag 10

Hoe wordt de lostijd bij de asfaltspreidmachine bepaald?

Welke factoren worden hierbij meegenomen?

Het bepalen van de lostijd van de vrachtwagen op de verwerkingslocatie gebeurt op basis van ervaring. Belangrijke factoren die men hierbij meeneemt zijn:

- Projecteigenschappen (binnen- of buiten bebouwde kom, snelweg, putten, rotondes en kruispunten);

- Laageigenschappen (dikte, breedte, asfaltsoort, etc.) in relatie tot het aantal ton/m³; en
 - Buffercapaciteit van de asfaltset (type hopper, inzet van Shuttle Buggy).
- Een andere invloedsfactor is het al dan niet accepteren van stilstand van de asfaltspreidmachine en/of vrachtwagens.

B-3.11 Vraag 11

- *Welke hulpmiddelen en/of tools zijn er beschikbaar voor het maken van de planning?*
- *Welke van deze hulpmiddelen en/of tools worden ook daadwerkelijk gebruikt?*

Uit de interviews is gebleken dat er geen specifieke hulpmiddelen of tools zijn die toegepast worden voor het maken van de (logistieke) planning binnen de asfaltverwerking.

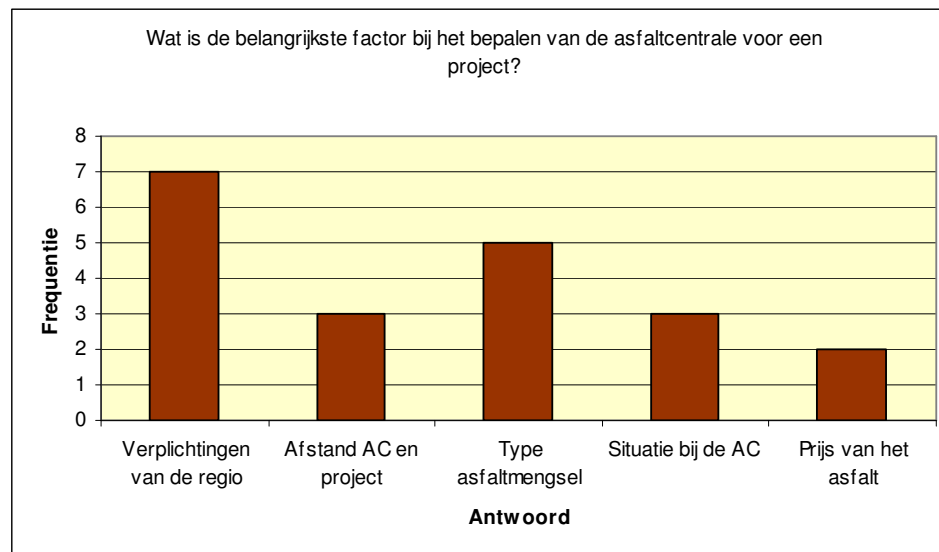
Vaak wordt er gebruik gemaakt van een Excel Spreadsheet als rekenhulp binnen het maken van de logistieke planning, hierbij is echter geen sprake van een standaardisatie binnen BAM Wegen. Iedereen maakt zijn eigen Excel Spreadsheet en deze wordt ook niet altijd gebruikt. Er wordt vaak nog een planning gemaakt op een stuk papier, waarbij de berekeningen gemaakt worden.

Voor het bepalen van de reistijd wordt zelden gebruik gemaakt van een online/vrachtwagen routeplanner. Er wordt echter veelal geleund op de ervaring van de planner met betrekking tot de rijtijd in de omgeving en op gebied van andere invloedsfactoren. Met name op gebied van files wordt er vertrouwd op de persoonlijke ervaring van op gebied van de files op de route.

In de regio NoordWest heeft men nog enkele extra hulpmiddelen tot hun beschikking in de vorm van Pavelog en eRoutes. Deze softwarepakketten zijn echter vooral gericht op de uitvoering en de rapportage betreffende de uitvoerende werkzaamheden.

B-3.12 Vraag 12

Wat is de belangrijkste factor bij het bepalen van de asfaltcentrale voor een project?



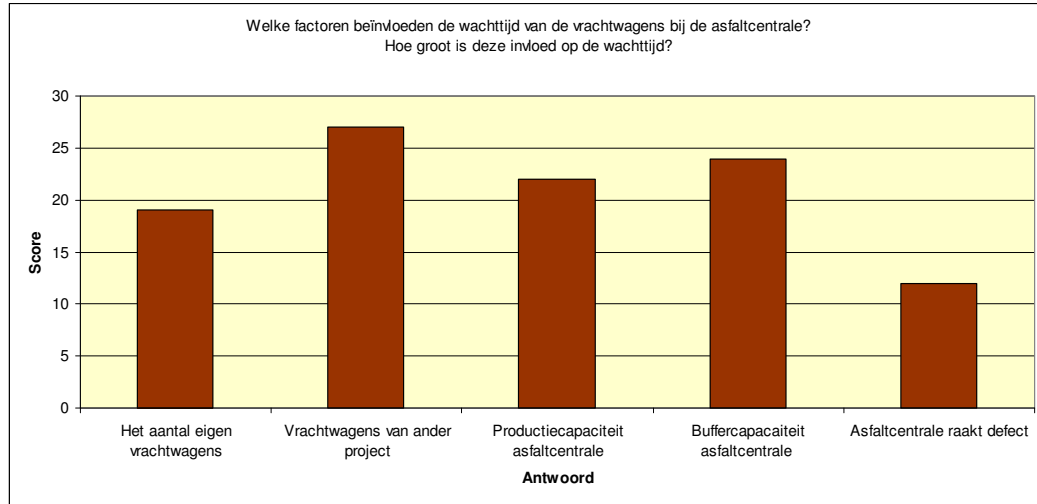
Grafiek B- 2: Bepalen van de asfaltcentrale

Zoals in Grafiek B- 2 te zien is, zijn er twee hoofdredenen om voor een bepaalde asfaltcentrale te kiezen. Dit zijn de verplichtingen van de regio ten opzichte van de asfaltcentrale, in de vorm van een minimale afname per jaar. Daarnaast speelt het type mengsel en de hoeveelheid asfalt ook mee, niet elke centrale kan alle mengsel produceren of is geschikt voor kleine hoeveelheden. Er wordt echter wel aangegeven dat de verplichting van de regio t.o.v. de asfaltcentrale wel steeds minder belangrijk wordt, aangezien de asfaltcentrales niet langer onder de verantwoording van de regio vallen. In de regel wordt er altijd gebruik gemaakt van de asfaltcentrale van de BAM en zal er zelden gebruik gemaakt worden van een centrale van de concurrent.

B-3.13 Vraag 13

- *Welke factoren beïnvloeden de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale?*

- *Hoe groot is deze invloed op de wachttijd?*



Grafiek B- 3: Wachttijd vrachtwagens bij asfaltcentrale

In Grafiek B- 3 zijn de invloedsfactoren op de laadtijd van de vrachtwagens weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1punt). Men name de invloed van de vrachtwagens van een ander project die op dezelfde dag ook moeten laden bij de asfaltcentrale is groot. Dit komt doordat men geen controle heeft over deze invloedsfactor.

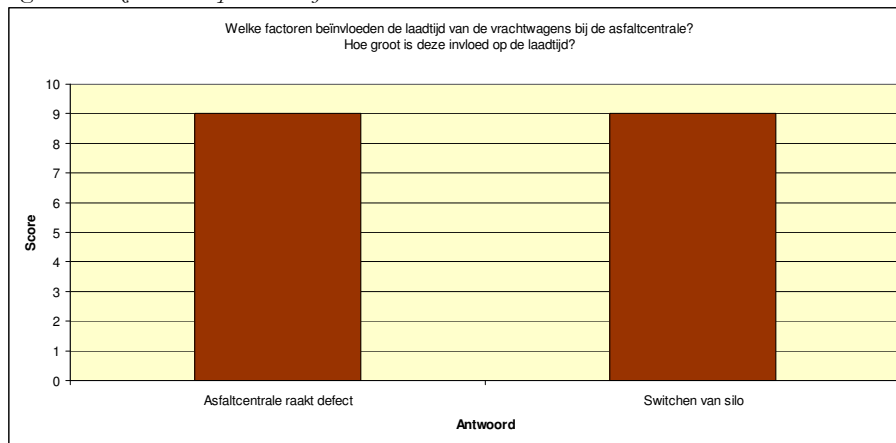
De eigenschappen van de asfaltcentrale worden minder belangrijk geacht, aangezien men bij het maken van de planning rekening houdt met deze eigenschappen en dit dus geen probleem mag vormen. Al beperkt de capaciteiten van de asfaltcentrale de maximale hoeveelheid te verwerken asfalt gedurende de werkdag, tijdens het uitvoeren van de asfalteringswerkzaamheden is de invloed zeer beperkt.

De invloed van de eigen vrachtwagens is in principe minimaal, aangezien deze na elkaar op de AC zouden moeten aankomen. De invloed van de vrachtwagens van de andere afnemers op de AC is groter dan de eigen vrachtwagens, de rede hiervoor is dat de aannemer hierover geen invloed kan uitoefenen.

Het defect raken van de asfaltcentrale wordt gezien als een kleine invloedsfactor, dit komt doordat deze niet zo vaak defect gaat. Echter mocht de asfaltcentrale defect raken dan zijn de gevolgen wel groot. Daarnaast is er ook twee keer genoemd dat de grondstoffen aanwezig moeten zijn. Het gebeurt echter zelden tot nooit dat deze onvoldoende aanwezig zijn, enkel als er onverwacht veel meer asfalt geproduceerd wordt in een kleine tijdsperiode.

B-3.14 Vraag 14

- Welke factoren beïnvloeden de laadtijd van de vrachtwagens bij de asfaltcentrale?
- Hoe groot is deze invloed op de laadtijd?

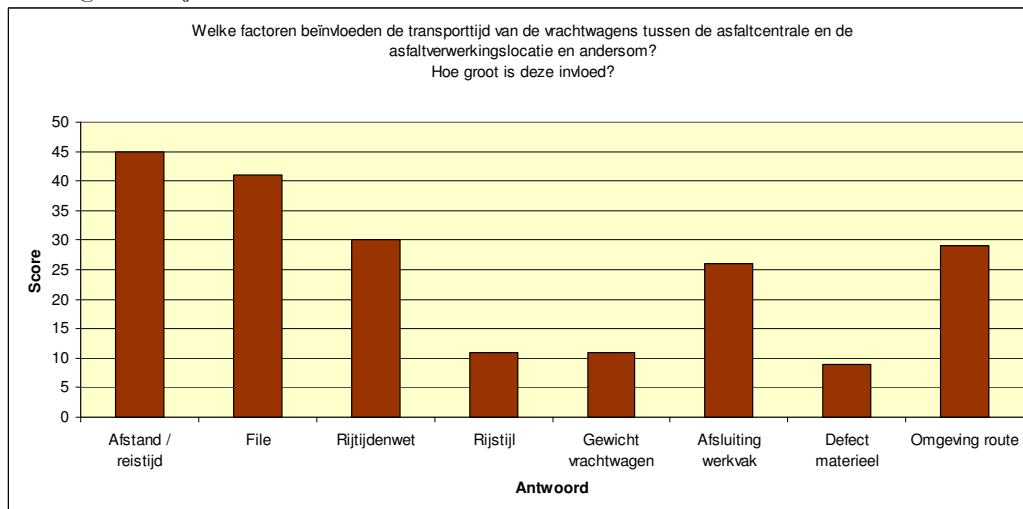
**Grafiek B- 4: Invloedsfactoren op de laadtijd**

In Grafiek B- 4 zijn de invloedsfactoren op de laadtijd van de vrachtwagens weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1punt). Hieruit blijkt wel dat de invloed van zowel het switchen van de silo's als het defect raken van de asfaltcentrale niet groot is. Het defect raken van de asfaltcentrale wordt als klein aangegeven, omdat dit niet frequent gebeurt. Het gevolg van het defect is wel groot, echter dit gebeurt zelden.

Door de geïnterviewden wordt aangegeven dat er weinig tot geen factoren zijn die het proces beïnvloeden. Dit komt omdat de activiteiten die de vrachtwagen gedurende het laden moet uitvoeren niet gevoelig zijn voor variatie. Als de asfaltcentrale kan de vrachtwagen niet laden dus wordt de wachttijd vergroot van de vrachtwagens en niet de laadtijd zelf.

B-3.15 Vraag 15

- Welke factoren beïnvloeden de transporttijd van de vrachtwagens tussen de asfaltcentrale en de asfaltverwerkingslocatie en andersom?
- Hoe groot is deze invloed?

**Grafiek B- 5: Invloedsfactoren op de rijtijd van de vrachtwagens**

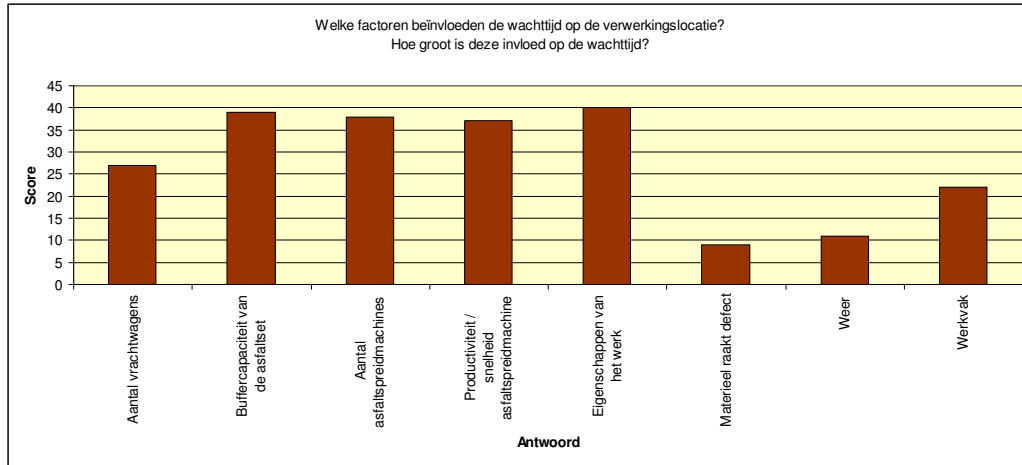
In Grafiek B- 5 zijn de invloedsfactoren op de rijtijd van de vrachtwagens tussen de asfaltcentrale en de verwerkingslocatie weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1punt). Vooral de afstand/reistijd en de files hebben hele grote invloed op de rijtijd. Andere belangrijke aspecten zijn de omgeving van de route (bijzondere evenementen,

Randstad, etc.), de rijtijdenwet en de invloed van de afsluiting van het werkvak t.b.v. de werkzaamheden.

Rijstijl, gewicht van de vrachtwagen (geladen of leeg) worden niet relevant gevonden, dit is omdat de invloed op de reistijd minimaal is. Het defect raken van het materieel wordt als klein gezien, aangezien het niet zo heel vaak gebeurt. Echter als het gebeurt kan de invloed groot zijn, dit hangt echter meer af van de hoeveelheid vrachtwagens die ingezet is. Hoe meer vrachtwagens er ingezet zijn hoe kleiner de invloed op het gehele proces.

B-3.16 Vraag 16

- *Welke factoren beïnvloeden de wachttijd op de verwerkingslocatie?*
- *Hoe groot is deze invloed op de wachttijd?*



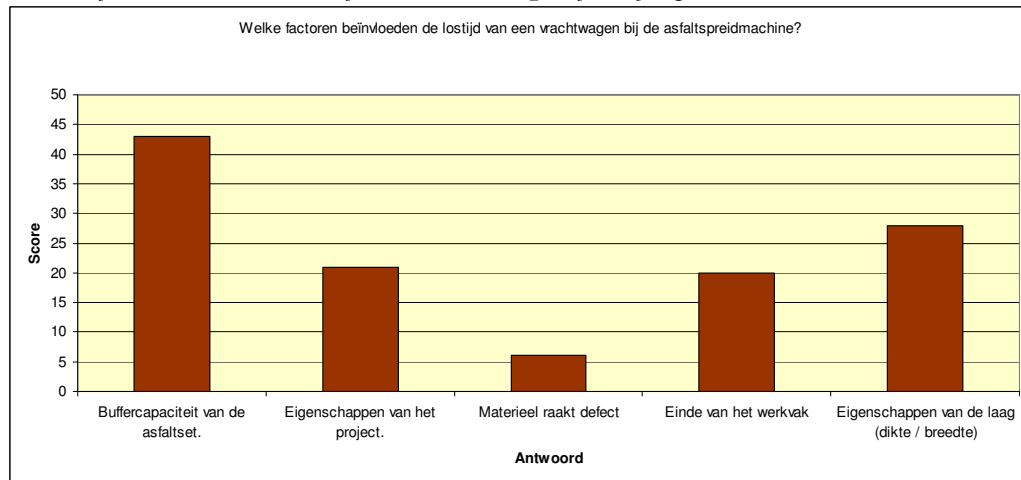
Grafiek B- 6: Invloedsfactoren wachttijd op de verwerkingslocatie

In Grafiek B- 6 zijn de invloedsfactoren op de wachttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1 punt). Er zijn een aantal verschillende aspecten die de wachttijd op de verwerkingslocatie beïnvloeden, deze aspecten zijn allemaal gerelateerd aan aspecten die de lostijd beïnvloeden. De invloedsfactoren op de wachttijd zijn gerelateerd aan de invloedsfactoren op de lostijd, doordat de wachttijd van de vrachtwagens bepaald wordt door het feit of de voorgaande vrachtwagen al gelost is.

Het aantal vrachtwagens en de eigenschappen van het werkvak beïnvloeden naast de invloeden op de lostijd ook in grote mate de wachttijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie. Met de eigenschappen van het werkvak wordt vooral de manoeuvreerruimte voor de vrachtwagens bedoeld, denk hierbij aan situaties waarbij vrachtwagens elkaar niet kunnen passeren op een lange rechte weg of vrachtwagens die niet kunnen keren.

B-3.17 Vraag 17

- *Welke factoren beïnvloeden de lostijd van een vrachtwagen bij de asfaltspreidmachine?*



Grafiek B- 7: Invloedsfactoren op de lostijd van een vrachtwagen

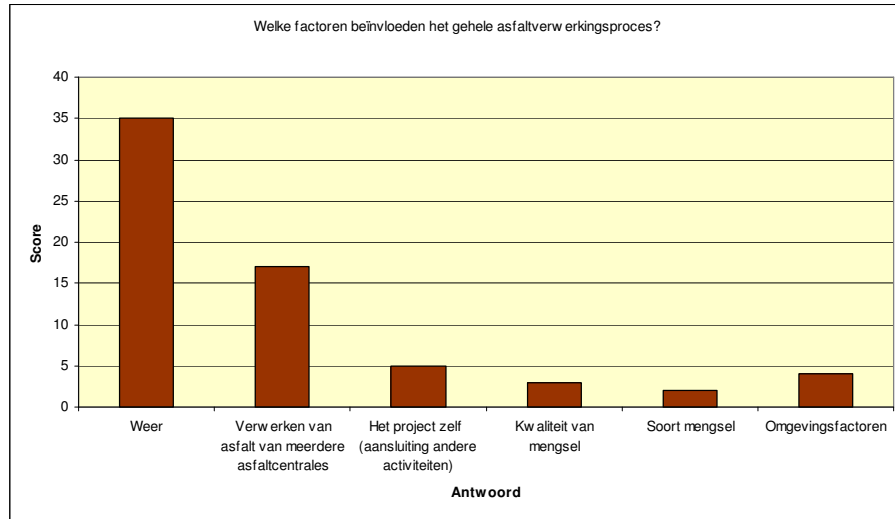
In Grafiek B- 7 zijn de invloedsfactoren op de lostijd van de vrachtwagens op de verwerkingslocatie weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1punt). De belangrijkste invloedsfactor is de capaciteit van de asfaltset, dit komt doordat de capaciteit van de asfaltset de snelheid van het lossen bepaald, dit vertaald zich in het feit of de vrachtwagen in een keer kan lossen of moet wachten tot de asfaltset het asfalt verbruikt. Daarnaast beïnvloeden de laageigenschappen in grote mate de lostijd, aangezien de laageigenschappen het verbruik van het asfalt / de productiviteit van de asfaltspreidmachine beïnvloedt. Er geldt namelijk dat als men veel asfalt verbruikt men ook de vrachtwagens sneller kan lossen. De productiviteit wordt ook beïnvloedt door de eigenschappen van het project, aangezien rotondes en kruispunten meer tijd kosten om aan te leggen dan een rechte weg.

Een ander aspect is het einde van een werkvak / strook, aangezien de asfaltspreidmachine dan verplaatst en opnieuw opgesteld moet worden. Het kan dan voorkomen dat een vrachtwagen nog niet geheel gelost is en dus mee moet verplaatsen.

Het defect raken van het materieel gebeurt niet heel veel, maar als het gebeurt dan zijn de gevolgen vaak groot. Bij grote projecten waar de druk op de uitvoering van de werkzaamheden groot is zorgt men er vaak voor dat er reserve materieel beschikbaar is.

B-3.18 Vraag 18

Welke factoren beïnvloeden het gehele asfaltverwerkingsproces?



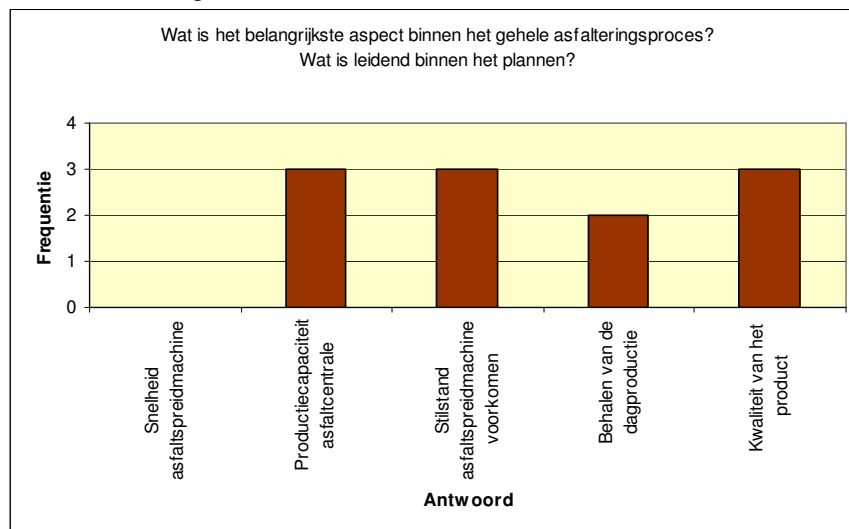
Grafiek B- 8: Invloedsfactoren gehele asfaltverwerkingsproces

In Grafiek B- 8 zijn de invloedsfactoren op het asfaltverwerkingsproces in zijn geheel weergegeven, de score is gebaseerd op een schaal van groot (5 punten) tot klein (1punt). Het weer is de grootste invloedsfactor op het verwerkingsproces, hierbij wordt wel aangegeven dat over het algemeen geldt dat als er begonnen is er niet meer gestopt wordt vanwege het weer. Mocht er al besloten worden om te stoppen met asfalteren (wat zelden gebeurt), dan wordt er in ieder geval al het asfalt dat al onderweg is verwerkt.

Daarnaast geeft men aan dat het verwerken van asfalt van meerdere centrales invloed heeft op het gehele asfaltverwerkingsproces. Hierbij wordt bedoeld op de beperkingen die uit de Standard RAW bepalingen naar voren komen. Het komt echter niet heel vaak voor dat er asfalt gebruikt wordt van meerdere verschillende asfaltcentrales waarbij de type test verschillend is.

B-3.19 Vraag 19

- *Wat is het belangrijkste aspect binnen het gehele asfalteringsproces?*
- *Wat is leidend binnen het plannen?*



Grafiek B- 9: Leidend aspect binnen het asfaltverwerkingsproces

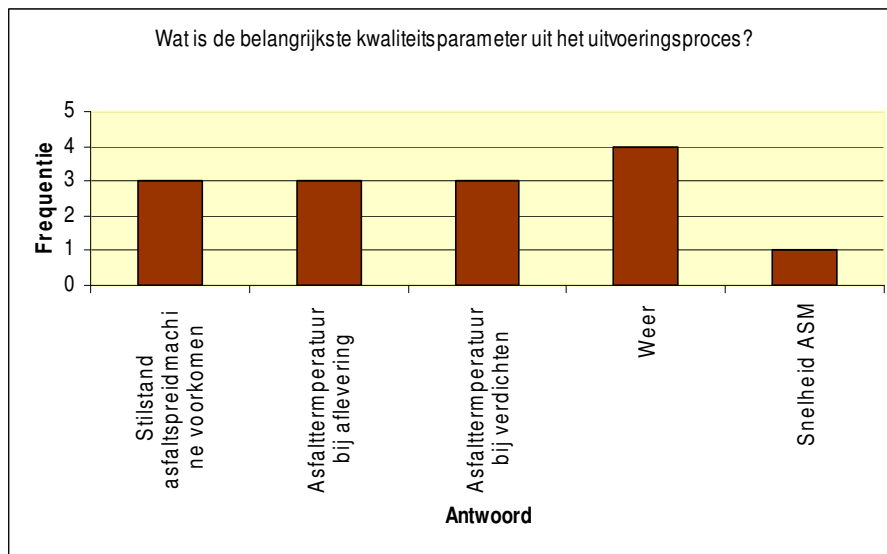
Opvallend is dat de snelheid van de asfaltspreidmachine niet als belangrijk wordt gezien binnen het plannen, maar het wel belangrijk is dat de dagproductie behaald wordt (zie Grafiek B- 9). Binnen de interviews wordt duidelijk dat de dagproductie behalen ook beïnvloedt wordt door de laageigenschappen en projecteigenschappen en bestaat dus uit meer dan alleen de snelheid van de asfaltspreidmachine.

Betreffende welk aspect wel leidend is, zijn de meningen verdeeld. Er wordt duidelijk dat de productiecapaciteit van de asfaltcentrale een belangrijke factor is binnen het plannen. Dit komt omdat zeker bij grote hoeveelheden de asfaltcentrale de beperkende factor is binnen de uitvoering. Al wordt er wel rekening gehouden met de capaciteiten van de asfaltcentrale bij het plannen van de werkzaamheden.

Daarnaast speelt het voorkomen van stilstand van de asfaltspreidmachine een belangrijke rol binnen het plannen, dit omdat stilstand naden tot gevolg heeft. Naden dienen voorkomen te worden omdat deze de kwaliteit van het eindproduct verslechteren.

B-3.20 Vraag 20

Wat is de belangrijkste kwaliteitsparameter uit het uitvoeringsproces?



Grafiek B- 10: Kwaliteitsparameter uitvoeringsproces

Wat opviel bij de interviews dat er niemand echt een eenduidig antwoord kon geven op deze vraag, zeker gezien het feit dat alle 4 de punten invloed uitoefenen op de kwaliteit van het eindproduct (zie Grafiek B- 10). Evenals in vraag 18 wordt het weer als belangrijke factor gezien.

Er wordt vaak vanuit gegaan dat als de temperatuur bij aflevering goed is, dat de temperatuur bij verwerking ook goed is. Stilstand van de asfaltspreidmachine wordt als minder kritisch ervaren in vergelijking tot de temperatuur van het asfalt. De temperatuur van het asfalt is vooral van belang voor het verdichtingswindow.

Bijlage C Verzamelde data

C-1 Aziëhavenweg te Amsterdam

Laag:	Nummer:	Wachten AC:	Laden:	Transport heen:	Wachten ASM:	Lossen:	Schoonmaken:	Transport terug:	Min / ton
Toplaag	2	12,00	12,00	8,00	20,00	3,00	0,00	4,00	0,24
	2	0,00	4,00	3,00	29,00	2,00	0,00	4,00	0,12
	2	0,00	5,00	4,00	0,00	3,00	0,00	5,00	0,11
	2	0,00	3,00	4,00	29,00	2,00	0,00	3,00	0,08
	2	0,00	3,00	4,00	16,00	3,00	0,00	4,00	0,08
	3	5,00	3,00	2,00	26,00	4,00	0,00	3,00	0,11
	3	16,00	3,00	4,00	8,00	3,00	0,00	4,00	0,16
	3	8,00	9,00	2,00	11,00	2,00	0,00	2,00	0,09
	3	0,00	6,00	14,00	8,00	2,00	0,00	3,00	0,12
	3	8,00	4,00	7,00	25,00	2,00	0,00	2,00	0,11
	3	0,00	4,00	5,00	11,00	24,00	0,00	4,00	0,41
	4	0,00	3,00	3,00	26,00	2,00	0,00	8,00	0,15
	4	10,00	6,00	2,00	8,00	10,00	0,00	8,00	0,12
	4	0,00	7,00	3,00	9,00	3,00	0,00	4,00	0,07
	4	4,00	3,00	4,00	14,00	2,00	0,00	5,00	0,13
	4	0,00	8,00	3,00	24,00	2,00	0,00	2,00	0,07
	4	0,00	7,00	17,00	0,00	33,00	0,00	0,00	0,07
Onderlaag	1	11,00	5,00	6,00	6,00	6,00	0,00	5,00	
	1	0,00	3,00	6,00	5,00	3,00	0,00	3,00	
	1	0,00	7,00	5,00	4,00	3,00	0,00	4,00	
	1	0,00	3,00	7,00	15,00	2,00	0,00	2,00	
	1	0,00	4,00	3,00	11,00	2,00	0,00	5,00	
	1	73,00	3,00	5,00	6,00	3,00	0,00	2,00	
	2	3,00	3,00	6,00	0,00	5,00	0,00	3,00	
	2	0,00	5,00	16,00	0,00	3,00	0,00	2,00	

	3	25,00	5,00	7,00	15,00	3,00	0,00	4,00	
	3	0,00	5,00	8,00	0,00	3,00	0,00	4,00	
	3	0,00	5,00	5,00	5,00	11,00	0,00	4,00	
	3	0,00	4,00	4,00	7,00	4,00	0,00	3,00	
	3	71,00	4,00	16,00	5,00	3,00	0,00	3,00	
	3	0,00	4,00	5,00	13,00	2,00	0,00	2,00	
	3	6,00	4,00	4,00	0,00	3,00	0,00	2,00	
	3	0,00	3,00	6,00	0,00	2,00	0,00	2,00	
	4	3,00	3,00	3,00	17,00	2,00	0,00	5,00	
	4	0,00	3,00	2,00	0,00	3,00	0,00	6,00	
	4	0,00	8,00	14,00	0,00	2,00	0,00	3,00	
	4	0,00	4,00	8,00	14,00	3,00	0,00	6,00	
	4	0,00	3,00	6,00	0,00	3,00	0,00	5,00	
	4	64,00	7,00	4,00	3,00	9,00	0,00	8,00	
	4	5,00	3,00	3,00	5,00	2,00	0,00	3,00	
	4	0,00	4,00	4,00	0,00	3,00	0,00	2,00	

Tabel B- 2: Verzamelde data tijdsduur activiteiten Aziëhavenweg (in minuten)

Datum	Tijd	Massa	Datum	Tijd	Massa
5-7-2009	6:30:27	25.10		8:01:10	35.82
	6:34:35	28.62		8:04:18	26.46
	6:38:57	26.04		8:16:20	27.58
	6:42:07	35.42		8:18:21	25.12
	7:00:26	25.60		8:23:32	35.56
	7:07:29	27.30		8:29:03	27.52
	7:13:17	26.60		8:34:58	5.44
	7:17:58	36.42		9:48:22	28.34
	7:20:05	27.16		10:02:19	30.16
	7:28:22	28.74		10:06:12	26.50
	7:29:56	26.82		10:14:24	23.34
	7:37:38	33.16		10:19:05	31.32
	7:39:55	23.58		10:28:22	25.94
	7:45:04	27.36		10:37:34	28.26

	7:57:43	26.74		10:50:16	33.34
--	---------	-------	--	----------	-------

Tabel B- 3: Hoeveelheid vervoerd asfalt per vracht t.b.v. onderlaag Aziëhavenweg

C-2 A6 afslag 11 Lelystad –noord

Datum:	Nummer:	Wachten AC:	Laden:	Transport heen:	Wachten ASM:	Lossen:	Schoonmaken:	Transport terug:	Min/ ton
27-5-2009	27	8,00	3,05	63,50	97,77	5,72	6,73	66,00	0,17
	27	2,12	2,68	65,48	142,53	9,02	4,35		0,28
	48	0,00	3,40	61,00	32,57	11,75	9,00	91,48	0,36
	48	0,28	3,78	65,32	26,00	15,68	7,43	63,00	0,47
	48	0,00	4,60	65,50	64,13	14,18	5,90		0,44
	70	3,30	4,08	61,48	76,18	18,82	8,67	76,50	0,56
	70	2,00	4,78	63,02	109,13	21,50	7,18		0,66
	72	2,50	5,48	60,50	55,70	13,58	7,00	93,98	0,40
	72	0,00	4,12	61,02	66,28	13,40	8,75	65,50	0,39
	72	0,00	3,80	60,48	36,97	6,27	10,15		0,19
	74	1,17	13,50	59,50	67,53	11,58	7,00	83,50	0,34
	74	8,22	3,48	66,50	98,77	11,83	8,10		0,35
	81	7,25	6,00	65,00	81,32	5,57	5,32	70,00	0,18
	81	0,50	2,52	66,45	96,17	18,43	8,28		0,60
	95	9,75	3,85	60,50	61,87	9,92	6,90	90,00	0,31
	95	4,82	2,50	63,00	79,63	24,92	9,78		0,77
	96	25,55	6,03	64,48	64,60	11,73	8,48	79,50	0,35
	96	6,13	3,52	63,00	112,15	9,70	1,50		0,29
	103	18,15	3,82	67,28	26,43	10,00	9,62	97,48	0,40
	103	0,50	3,18	60,50	40,37	22,30	8,62	57,98	0,88
	103	0,58	1,90	58,00	85,10	8,17	5,30		0,32
	111	10,00	4,00	64,00	83,68	12,30	10,07	69,98	0,38
	111	2,00	2,00	63,00	127,08	15,47	9,75		0,49
	s08	1,40	4,38	60,00	26,78	13,72	4,50	92,98	0,41
	s08		3,68						
	s08	0,45	2,35						
	s36	5,00	2,55	58,00	24,20	4,85	5,47	85,98	0,19

	s36	2,68	2,50	69,50	25,92	15,75	6,38	61,50	0,81
	s36	0,72	3,80						
	Overige1				43,00	14,00	7,00		0,42
	Overige2				43,00	4,00	9,00		0,16
	Overige1				31,00	44,00	8,00		1,28
	Overige2				32,00	6,00	6,00		0,23
	Overige1				33,00	6,00	11,00		0,18
28-5-2009	27	7,40	4,03	57,98	87,95	20,25	7,47	81,00	0,64
	27	0,00	5,08	65,50	28,62	14,38	7,42	71,17	0,45
	48	3,32	2,50	58,00	34,57	19,85	6,07	85,00	0,58
	48	0,00	2,77	60,47	28,63	18,87	6,78	60,00	0,57
	48	1,70	3,50	68,48	50,17	16,97	14,75		0,59
	72	1,08	6,00	62,00	40,78	8,60	7,77	86,50	0,25
	72	0,67	3,87	59,90	39,00	6,00	8,00		0,18
	95	0,52	4,85	58,98	27,42	6,00	7,07	85,00	0,17
	95	1,28	3,00	65,42	43,72	12,35	8,92	61,18	0,37
	95	0,60	3,00	69,40	64,80	17,35	11,00		0,53
	96	2,70	4,28	63,00	46,53	39,60	10,82	82,50	1,16
	96	0,87	3,85	62,00	14,02	10,03	11,88		0,30
	103	4,50	3,90	75,07	78,38	20,82	41,35	59,52	0,79
	103	0,65	2,67	63,00	67,65	14,98	4,95		0,58
	Overige3				31,00	11,00	6,00		0,34
	Overige4				76,00	28,00	7,00		0,89
	Overige2				56,00	7,00	7,00		0,26
	Overige4				31,00	9,00	7,00		0,29
	Overige2				81,00	6,00	7,00		0,24
	102				50,00	11,00	7,00		0,32
	28				75,00	8,00	6,00		0,24
	102				12,00	6,00	8,00		0,18
	28				31,00	6,00	9,00		0,19
	106				5,00	5,00	11,00		0,19

Tabel B- 4: Verzamelde data tijdsduur activiteiten A6 (in minuten)

BIJLAGE C: VERZAMELDE DATA

Datum:	Tijd:	Massa (ton):	Datum:	Tijd:	Massa (ton):
27-5-2009	5:27:27	19,52	28-5-2009	5:26:59	34,36
	5:29:16	26,08		5:29:44	34,24
	5:34:29	25,12		5:39:34	33,86
	5:46:20	32,36		5:44:46	34,72
	5:48:19	33,4		5:57:43	34,06
	5:50:06	34,1		6:05:52	31,42
	5:59:52	31,86		6:27:59	31,62
	6:05:05	34,28		6:32:14	33,20
	6:12:19	33,48		6:56:18	26,50
	6:17:27	33,36		7:39:05	26,58
	6:29:00	30,66		8:36:36	33,62
	6:35:52	32,44		8:55:55	33,18
	6:37:59	32,7		9:11:27	34,14
	7:39:55	25,62		9:33:38	33,50
	8:31:17	19,58		10:05:49	33,98
	9:09:40	25,4		10:25:32	32,32
	9:15:43	33,48		10:39:29	31,46
	9:35:31	34,28		10:52:19	32,32
	9:47:35	34,26		11:35:14	25,72
	9:56:44	32,36		11:39:16	31,94
	10:08:41	33,78		11:41:49	25,00
	10:11:56	32,98		12:09:33	32,66
	10:22:24	30,84		12:34:15	28,98
	10:24:15	32,5			
	10:39:24	31,68			
	10:42:25	32,72			
	11:25:58	25,7			
	12:22:50	25,74			
	12:44:57	32,1			
	13:39:55	33,48			
	13:56:37	33,54			

	15:03:10	10,36		
--	----------	-------	--	--

Tabel B- 5: Hoeveelheid vervoerd asfalt per vracht t.b.v. A6

C-3 A10 ring oost

Datum:	Wachten AC:	Laden:	Transport heen:	Wachten ASM:	Lossen:	Schoonmaken:	Transport te- rug:	Tonnen	Min / ton
9-6-2009	4,80	2,00	27,35	2,00	14,00	5,00	21,00	33,08	0,42
	0,00	3,00	21,13	17,00	32,00	11,00	19,39	30,90	1,04
	0,00	2,50	22,80	11,00	19,00	1,00	25,57	25,82	0,74
	0,00	2,40	23,15	27,00	23,00	2,00		20,08	1,15
				21,00	19,00	8,75		30,16	0,63
				23,00	21,00	7,00		22,80	0,92
	0,50	4,20	20,98	24,00	17,00	17,00		30,08	0,57
	0,00	3,30	22,90	24,00	40,00	13,00		27,20	1,47
	11,00	7,70	22,44	7,00	35,00	9,00		33,88	1,03
	5,00	3,10	20,75	34,00	16,00	9,12		25,26	0,63
	3,00	2,20	17,66	33,00	8,00	6,83		30,52	0,26
9-6-2009	2,50	8,00	20,59	17,12	18,19	1,19	21,50	25,32	0,72
	1,00	2,50	28,08	18,00	27,03	9,30	20,00	32,60	0,83
	0,00	2,80	21,25	12,56	29,59	10,40		25,54	1,16
								32,02	
								22,72	
	2,50	4,70	19,16	19,95	10,01	1,28		32,92	0,30
	9,00	2,20	24,13	12,32	8,92	8,42		33,46	0,27
	0,00	8,00	21,57	2,18	14,53	12,92		32,10	0,45
	6,12	6,97	26,00	25,45	8,57	26,10		32,74	0,26
	0,00	3,80	18,93	33,81	7,97	14,71		26,12	0,31
								28,22	
11-6-2009								32,80	
	8,00	2,80	20,49	3,51	27,50	10,66	23,11	26,96	1,02
	0,00	2,50	18,00	18,88	22,17	8,87	21,00	32,54	0,68
	0,00	3,20	18,65	5,52	20,47	13,84	19,94	33,26	0,62

BIJLAGE C: VERZAMELDE DATA

	0,00	6,30	19,92	32,46	34,05	4,10		33,22	1,02
	2,00	8,00	19,83	33,96	14,61	6,93	30,00	33,72	0,43
								32,10	
	0,00	2,50	19,91	10,65	31,11	6,84		20,48	1,52
	0,00	4,30	21,89	18,78	15,56	8,55		27,24	0,57
	2,00	2,93	22,00	4,00	28,40	26,48		33,44	0,85
	10,00	7,80	17,22	5,60	27,18	6,88		26,78	1,01
	0,00	5,70	24,25	26,93	9,77	1,19		31,60	0,31
12-6-2009	0,00	5,10	21,76	19,41	33,02	11,44	21,00	20,42	1,62
	0,00	6,80	27,25	29,26	25,29	14,95	16,87	32,32	0,78
	11,00	4,70	19,22	31,23	29,68	14,21	17,35	33,14	0,90
	10,78	6,90	22,83	8,82	19,61	14,68		32,66	0,60
	0,00	5,10	21,50	33,32	24,85	15,67		30,58	0,81
								25,36	
	0,00	5,60	22,20	33,65	22,57	7,76		26,04	0,87
	0,00	7,00	22,72	27,85	36,70	5,43		19,64	1,87
	10,78	6,90	22,83	8,82	9,77	10,79		31,14	0,31
	0,00	2,00	22,83	8,82	11,77	12,68		29,02	0,41
	9,00	4,60	22,11	5,40	4,17	13,39		28,36	0,15
	0,00	8,00	19,88	26,26	16,39	13,78		12,14	1,35

Tabel B- 6: Verzamelde data activiteiten A10

C-4 Bennekomsesteeg - Wageningen

Datum:	Wachten AC:	Laden:	Transport heen:	Wachten ASM:	Lossen:	Schoonmaken:	Transport terug:	Min / ton
16-9-2009	0,00	17,05	44,57	87,67	15,00	7,37	-	0,56
	0,00	7,00	40,62	99,70	6,00	9,50	-	0,33
	2,12	10,50	42,37	92,87	30,00	10,00	-	0,98
	0,00	9,28	39,53	111,38	14,00	5,28	-	0,50
	0,00	9,12	41,57	110,00	15,00	9,00	-	0,54
	0,00	7,73	41,95	108,58	15,12	8,00	-	0,54
	0,00	11,00	38,92	111,20	24,05	11,05	-	0,74

Tabel B- 7: Verzamelde data tijdsduur activiteiten Bennekomsesteeg (in minuten)

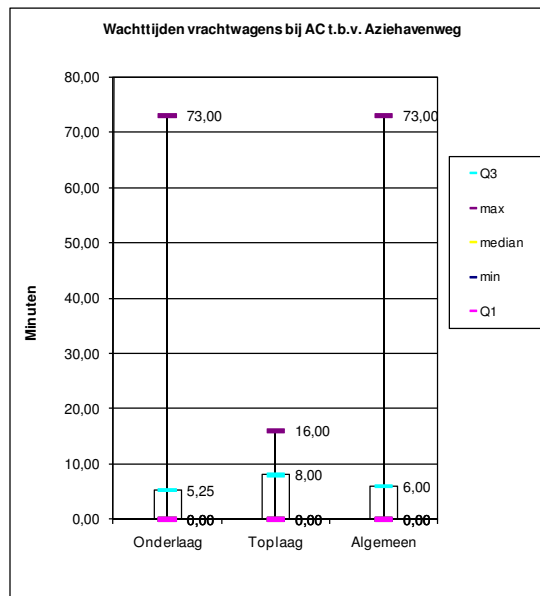
Datum:	Tijd:	Massa (ton):
19-6-2009	13:46:29	27,02
	14:04:27	27,90
	14:35:48	27,90
	14:53:27	26,78
	15:10:20	30,56
	15:44:51	32,68
	15:52:20	18,04

Tabel B- 8: Hoeveelheid vervoerd asfalt per vracht t.b.v. Bennekomsesteeg

Bijlage D Statistische analyse

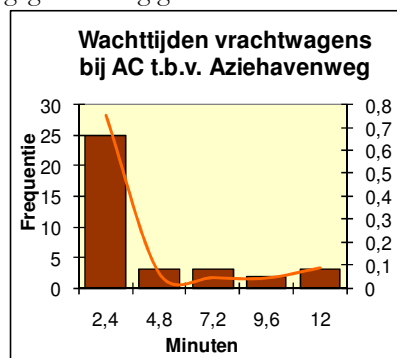
D-1 Aziëhavenweg te Amsterdam

D-1.1 Wachten vrachtwagens asfaltcentrale



Grafiek B- 11: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale t.b.v. Aziëhavenweg

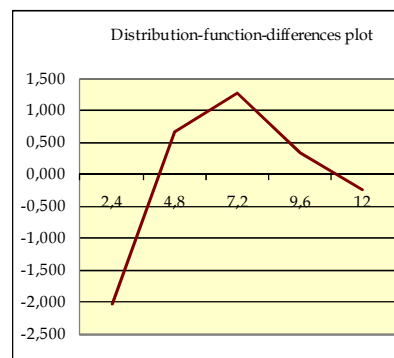
In Grafiek B- 11 zijn de boxplots weergegeven betreffende de wachttijden van de vrachtwagens bij de AC. Er zijn twee verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende lagen die gedraaid zijn en één algemene. Wat opvalt is de extremen in de vorm van de maximale wachttijd bij de onderlaag, deze hoge wachttijd is veroorzaakt door een defect aan de asfaltcentrale. Een defect is geen onderdeel van de normaal te verwachten wachttijd en deze zijn dan ook in Tabel B- 9 uit de gegevens weg gelaten.



Grafiek B- 12: Histogram wachttijden bij asfaltcentrale t.b.v. Aziëhavenweg

	Zonder extremen
gemiddelde	2,083 min.
mediaan	0,000 min.
mediaan / gemiddelde	0,000
aantal observaties	36,000
min.	0,000 min.
max.	12,000 min.
standaard afwijking	3,612 min.
kurtosis	1,353
schiefheid	1,596

Tabel B- 9: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 13: Distribution-function differences plot wachttijden asfaltcentrale t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 12 is een histogram met een Scaled Beta verdeling weergegeven, uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de observaties (zie Grafiek B- 13) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de wachttijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,1012, β van 0,4819, a van 0,0000 min. en

een b van 12,0000 min.(zie Tabel B- 10 en Tabel B- 11). Door middel van de Chi -kwadraat toets is bevestigd dat deze distributie bij de observaties past. .

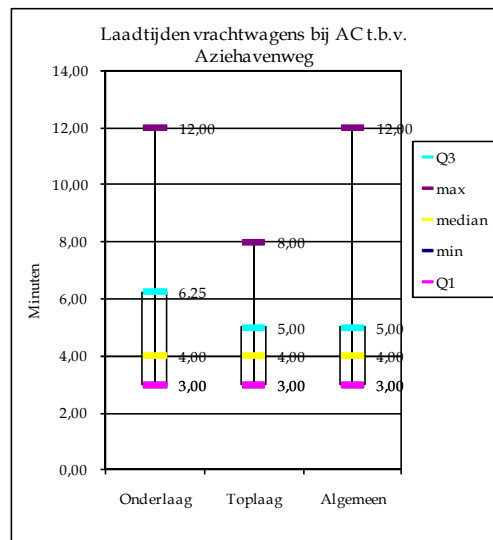
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	2,4	25	27,040	0,154
2	4,8	3	2,329	0,193
3	7,2	3	1,721	0,951
4	9,6	2	1,662	0,069
5	12	3	3,248	0,019
				X ² =1,386

Tabel B- 10: Chi kwadraat -toets wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. Aziëhavenweg

α	X ²	
0,05	9,488	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

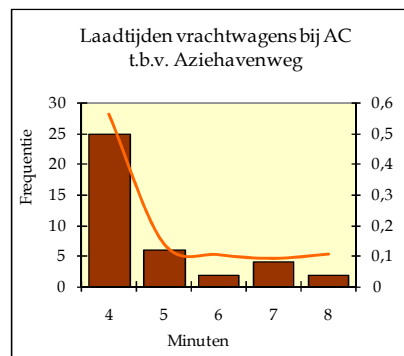
Tabel B- 11: Kritieke waarden voor x² voor de wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.2 Laden vrachtwagens asfaltcentrale

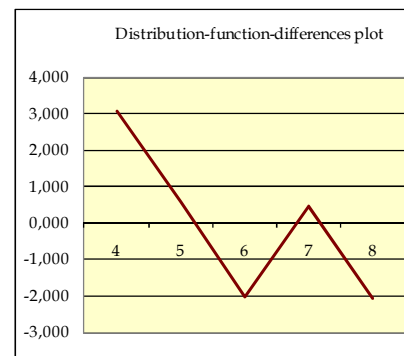


Grafiek B- 14: Boxplot laadtijden bij de AC t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 14 zijn de boxplots weergegeven van de laadtijden van de vrachtwagens bij de AC. Hierbij valt bij de onderlaag een uitschieter op, deze vindt plaats aan het begin van de werkdag en in mindere mate de uitschieter bij de toplaag. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 12 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 15: Histogram laadtijden bij AC t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 16: Distribution -function differences plot laadtijden AC t.b.v. Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B-15), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B-16) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de laadtijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met een α van 0,3005 β van 0,7846, a van 3,0000 min. en een b van 8,000 min. (zie Tabel B-13 en Tabel B-14). Hieruit blijkt dat de laadtijd van de vrachtwagen daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling verdeeld is.

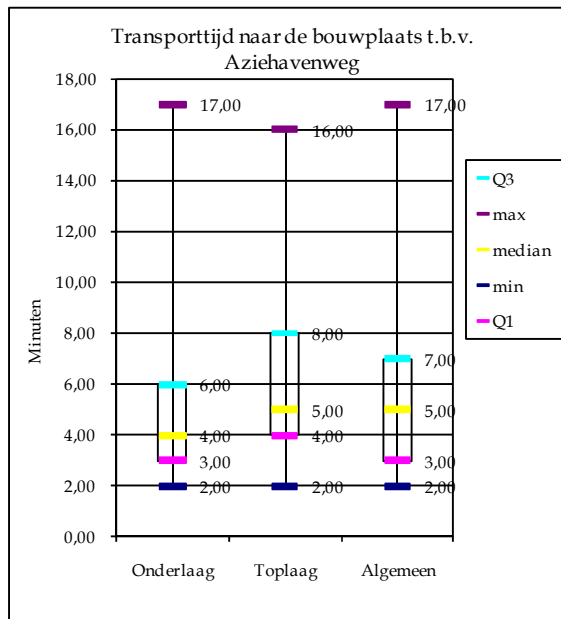
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	4	25	21,939	0,427
2	5	6	5,419	0,062
3	6	2	4,020	1,015
4	7	4	3,543	0,059
5	8	2	4,078	1,059
				X ² = 2,623

Tabel B-13: Chi kwadraat -toets laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. Aziëhavenweg

α	χ^2	
0,05	9,488	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

Tabel B-14: Kritieke waarden voor χ^2 voor de laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.3 Transport heen

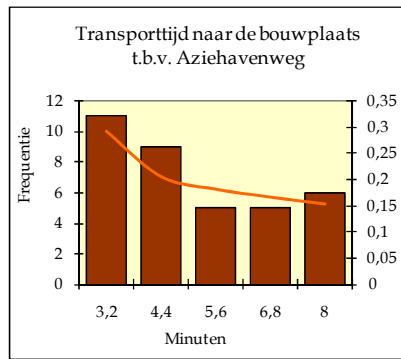


Grafiek B-17: Boxplot transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. Aziëhavenweg

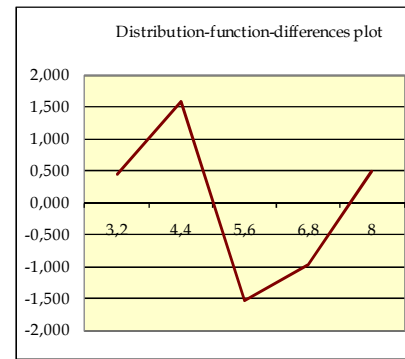
In Grafiek B-17 zijn de boxplots weergegeven van de transporttijd naar de bouwplaats. Binnen de data zijn een aantal uitschieters terug te vinden, deze vinden allemaal plaats aan het begin van de werkdag. Deze zijn niet representatief voor het de transporttijden, maar worden veroorzaakt door de bijzondere aard van het project. Door de bijzondere situatie dat men de weg voor de asfaltcentrale moest asfalteren arriveren de vrachtwagens snel op het werkvak waar men nog niet klaar was voor de aankomst van de vrachtwagens, hierdoor moest men na het laden nog ergens wachten waar men niet in de weg stond. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B-15 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.

	Zonder extremen
gemiddelde	4,583 min.
mediaan	4,000 min.
mediaan / gemiddelde	0,873
aantal observaties	36,000
min.	2,000 min.
max.	8,000 min.
standaard afwijking	1,779 min.
kurtosis	-0,719
scheefheid	0,419

Tabel B-15: Algemene gegevens transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 18: Histogram transporttijd naar bouwplaats t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 19: Distribution-function differences plot transporttijd naar bouwplaats Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B- 18), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 19) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de transporttijd naar de verwerkingslocatie daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met $\alpha = 0,7704$, $\beta = 1,0190$, $a = 2,000$ min. en een $b = 8,000$ min. (zie Tabel B- 16 en Tabel B- 17). Hieruit blijkt dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeeld is.

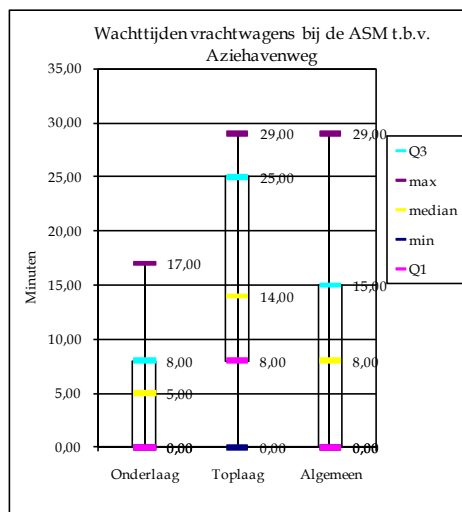
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	3,2	11	10,565	0,018
2	4,4	9	7,420	0,337
3	5,6	5	6,533	0,360
4	6,8	5	5,982	0,161
5	8	6	5,500	0,045
				$X^2 = 0,921$

Tabel B- 16: Chi kwadraat -toets transporttijd naar bouwplaats t.b.v. Aziëhavenweg

α	x^2	
0,05	9,488	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

Tabel B- 17: Kritieke waarden voor x^2 voor de transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.4 Wachtijd vrachtwagens bij asfaltspreidmachine

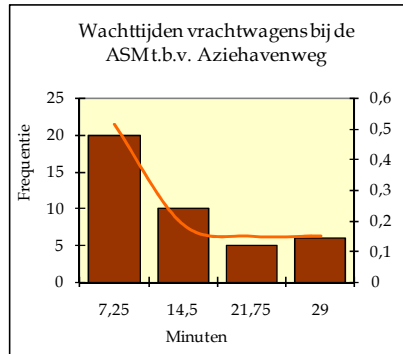


Grafiek B- 20: Boxplot wachttijd vrachtwagens ASM t.b.v. Aziëhavenweg

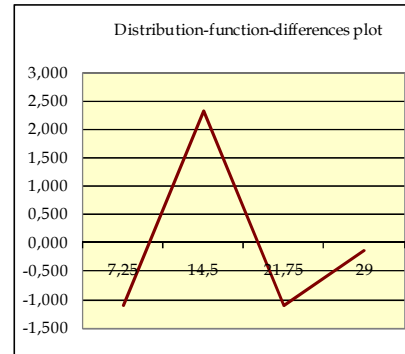
	Zonder extremen
gemiddelde	9,634 min.
mediaan	8,000 min.
mediaan / gemiddelde	0,830
aantal observaties	41,000
min.	0,000 min.
max.	29,000 min.
standaard afwijking	9,038 min.
kurtosis	-0,445
scheefheid	0,760

Tabel B- 18: Algemene gegevens wachttijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 20 zijn de boxplots weergegeven van de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine. In de boxplot is te zien dat er een veel spreiding zit in de wachttijden. De wachttijden worden dan ook hoofdzakelijk veroorzaakt door het aanleggen van de kruisingen. Zoals in Tabel B- 18 te zien is, zijn er geen extremen die afwijken van het patroon door bijzondere oorzaken.



Grafiek B- 21: Histogram wachttijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 22: Distribution -function differences plot wachttijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B- 21), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 22) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de wachttijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met $\alpha = 0,4266$, $\beta = 0,8574$, $a = 0,0000$ min. en $b=29,0000$ min. (zie Tabel B- 19 en Tabel B- 20). Hieruit blijkt dat de wachttijden daadwerkelijk volgens Scaled Beta verdeling verdeeld zijn.

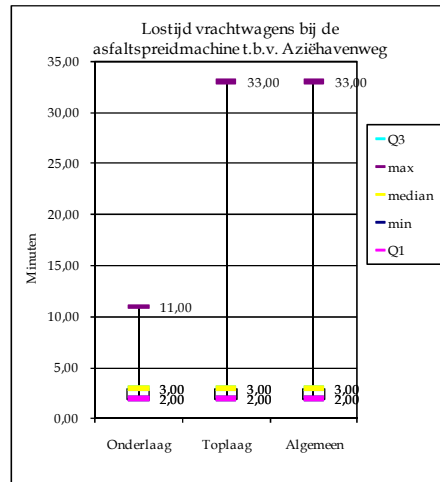
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	7,25	20	21,097	0,057
2	14,5	10	7,665	0,711
3	21,8	5	6,094	0,196
4	29	6	6,144	0,003
				$X^2 = 0,968$

Tabel B- 19: Chi kwadraat -toets wachttijd ASM t.b.v. Aziëhavenweg

α	x^2	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

Tabel B- 20: Kritieke waarden voor x^2 voor de wachttijd ASM t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.5 Lossen asfaltspreidmachine

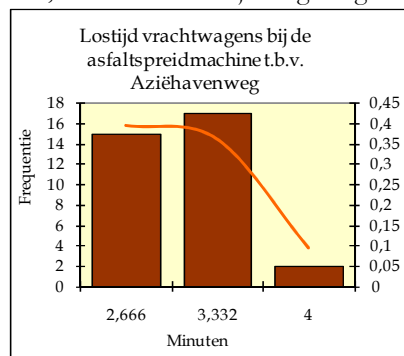


Grafiek B- 23: Boxplot lostijd vrachtwagens ASM t.b.v. Aziëhavenweg

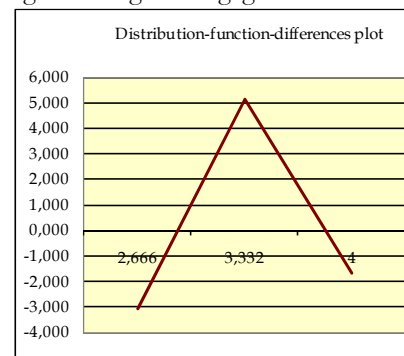
	Zonder extre- men
gemiddelde	2,618 min.
mediaan	3,000 min.
mediaan / gemid- delde	1,146
aantal observaties	34,000
min.	2,000 min.
max.	4,000 min.
standaard afwijking	0,604 min.
kurtosis	-0,599
schiefheid	0,395

Tabel B- 21: Algemene gegevens lostijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 23 zijn de boxplots weergegeven van de lostijden van de vrachtwagens. Wat opvalt, is dat de lostijden erg kort zijn en dicht bij elkaar liggen. Dit ligt waarschijnlijk aan de inzet van de Shuttle Buggy in combinatie met de hoge productiviteit van de asfaltspreidmachine. Wel zijn er enkele extremen waar te nemen, deze zijn aan de hand van de interkwartielafstand eruit gefilterd, in Tabel B- 21 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 24: Histogram lostijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 25: Distribution -function differences plot lostijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld, omdat deze de vorm van normaalverdeling heeft, is ervoor gekozen om een normaalverdeling (zie Grafiek B- 24). Aan de hand van een visuele analyse in de vorm van de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 25) en het histogram lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de aanname correct is, bij deze toets is een normaal verdeling met μ van 2,6176 min. en een σ van 0,6038 toegepast, aan de hand van deze toets is bevestigd dat de lostijden normaal verdeeld zijn (zie Tabel B- 22 en Tabel B- 23).

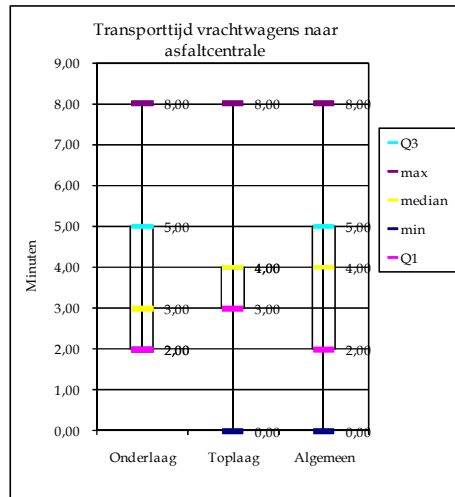
k	x	N_j	np_i	$\frac{(N_j - np_i)^2}{np_i}$
1	2,67	15	18,085	0,526
2	3,33	17	11,890	2,196
3	4	2	3,650	0,746
				$X^2 = 3,468$

Tabel B- 22: Chi kwadraat -toets lostijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

α	x^2	
0,05	5,991	Accept
0,01	9,210	Accept
0,001	13,816	Accept

Tabel B- 23: Kritieke waarden voor x^2 voor de lostijd bij ASM t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.6 Transporttijd naar de asfaltcentrale

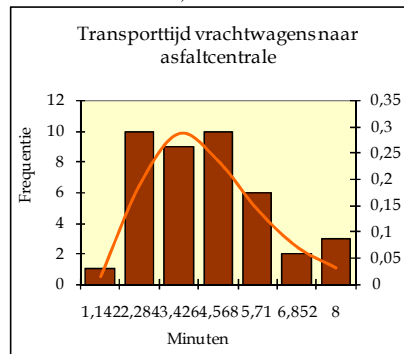


Grafiek B- 26: Boxplot transporttijd naar de AC t.b.v. Aziëhavenweg

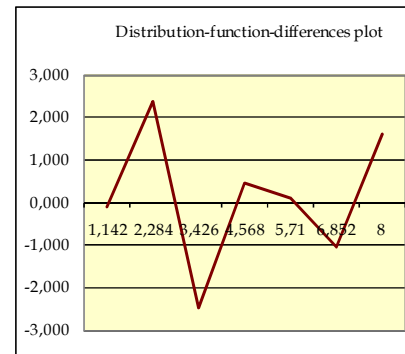
	Zonder ex- tremen
gemiddelde	3,732 min.
mediaan	4,000 min.
mediaan / gemid- delde	1,072
aantal observaties	41,000
min.	0,000 min.
max.	8,000 min.
standaard afwijking	1,761 min.
kurtosis	0,841
scheefheid	0,778

Tabel B- 24: Algemene gegevens transporttijd naar de AC t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 26 zijn de boxplots weergegeven van de transporttijd naar de asfaltcentrale. Er valt op te maken dat de transporttijden redelijk gelijk verdeeld zijn, dit is ook niet zo heel verrassend gezien de korte transporttijd bij dit project. Zoals te zien is in Tabel B- 24 zijn er dan ook geen extremen verwijderd uit de data.



Grafiek B- 27: Histogram transporttijd naar AC t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 28: Distribution -function differences plot transporttijd naar AC t.b.v. Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Gamma distributie op geplot (zie Grafiek B- 27), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 28) lijkt het erop dat de data volgens een Gamma verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de transporttijd naar de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Gamma verdeling met $\alpha = 4,4904$ en $\beta = 0,8310$ (zie Tabel B- 25 en Tabel B- 26). Hieruit is geconcludeerd dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Gamma verdeeld is.

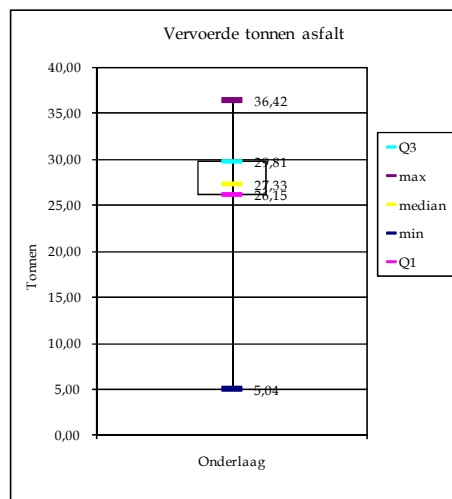
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	1,14	1	1,103	0,010
2	2,28	10	7,606	0,753
3	3,43	9	11,472	0,533
4	4,57	10	9,557	0,020
5	5,71	6	5,894	0,002
6	6,85	2	3,036	0,353
7	8	3	1,392	1,859
				X ² = 3,531

Tabel B- 25: Chi kwadraat -toets transporttijd naar AC t.b.v. Aziëhavenweg

α	χ^2	
0,05	12,592	Accept
0,01	16,812	Accept
0,001	22,458	Accept

Tabel B- 26: Kritieke waarden voor χ^2 voor de transporttijd naar de AC t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.7 Vervoerde tonnen asfalt

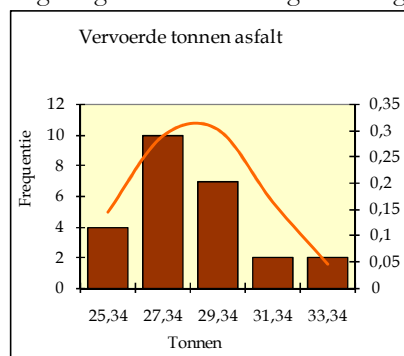


Grafiek B- 29: Boxplot vervoerde tonnen t.b.v. Aziëhavenweg

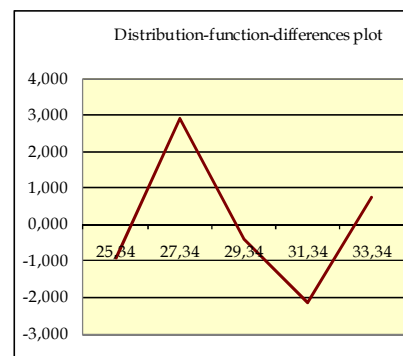
	Zonder extremen
gemiddelde	27,468 ton
mediaan	27,160 ton
mediaan / gemiddelde	0,989
aantal observaties	25,000
min	23,340 ton
max	33,340 ton
standaard afwijking	2,485 ton
kurtosis	0,965
schiefheid	0,875

Tabel B- 27: Algemene gegevens vervoerde tonnen t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 29 is enkel een boxplot weergegeven van de onderlaag, dit komt doordat het asfalt t.b.v. de toplaag via een andere asfaltcentrale geleverd is en deze gegevens niet tot mijn beschikking zijn. Q1 en Q3 liggen vrij dicht op elkaar m.u.v. enkele uitschieters naar boven en naar beneden. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 27 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 30: Histogram vervoerde tonnen asfalt t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 31: Distribution-function differences plot vervoerde tonnen asfalt t.b.v. Aziëhavenweg

Vervolgens is er een histogram opgesteld (zie Grafiek B- 30), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution-function differences (zie Grafiek B- 31) lijkt het erop dat de data volgens een normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de hoeveelheid vervoerde asfalt volgens een normaal verdeling met μ van 27,4680 ton en een σ van 2,4853 ton (zie Tabel B- 28 en Tabel B- 29). Aan de hand van de Chi -kwadraat toets kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid vervoerde tonnen normaal verdeeld zijn.

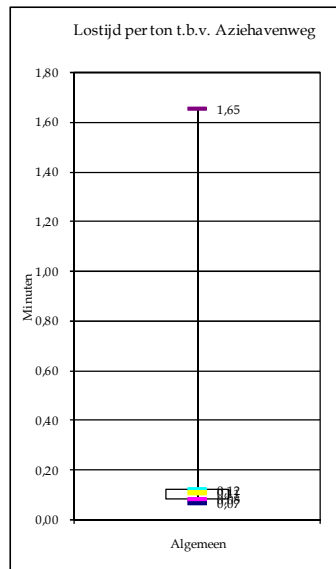
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	25,3	4	4,898	0,165
2	27,3	10	7,088	1,196
3	29,3	7	7,372	0,019
4	31,3	2	4,151	1,115
5	33,3	2	1,264	0,429
				$X^2 = 2,923$

Tabel B- 28: Chi kwadraat –toets vervoerde tonnen t.b.v. Aziëhavenweg

α	x^2	
0,05	9,488	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

Tabel B- 29: Kritieke waarden voor x^2 voor vervoerde tonnen t.b.v. Aziëhavenweg

D-1.8 Lostijd per ton asfalt

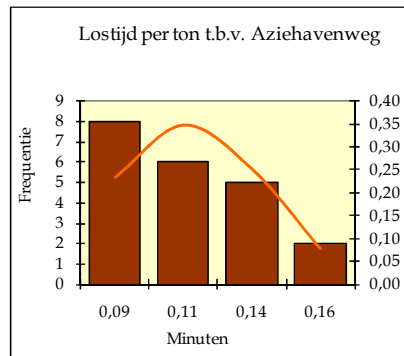


Grafiek B- 32: Boxplot lostijd per ton t.b.v. Aziëhavenweg

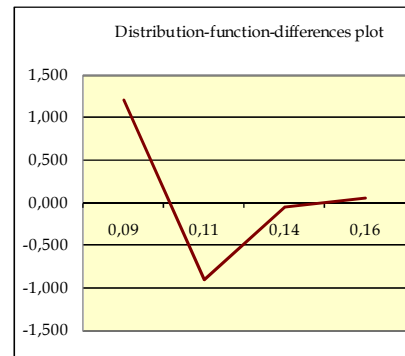
	Zonder extremen
gemiddelde	0,103 min/ton
mediaan	0,110 min/ton
mediaan / gemiddelde	1,060
aantal observaties	21,000
min.	0,070 min/ton
max.	0,160 min/ton
standaard afwijking	0,026 min/ton
kurtosis	-0,317
schiefheid	0,330

Tabel B- 30: Algemene gegevens lostijd per ton t.b.v. Aziëhavenweg

In Grafiek B- 32 zijn de boxplots weergegeven betreffende de lostijd per ton asfalt. Er is enkel één algemene boxplot weergegeven, aangezien er enkel voldoende gegevens aanwezig waren t.b.v. de onderlaag. In Tabel B- 30 is een overzicht te vinden van de gegevens waarbij de extremen eruit gefilterd zijn.



Grafiek B- 33: Histogram lostijd per ton t.b.v. Aziëhavenweg



Grafiek B- 34: Distribution -function differences plot lostijd per ton Aziëhavenweg

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 33) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 34) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de lostijd per ton asfalt daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met μ van 0,1035 min/ton en een σ van 0,0259 min/ton (zie Tabel B- 31 en Tabel B- 32).

K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	0,09	8	6,795	0,214
2	0,11	6	6,901	0,118
3	0,14	5	5,048	0,000
4	0,16	2	1,940	0,002
				X ² = 0,333

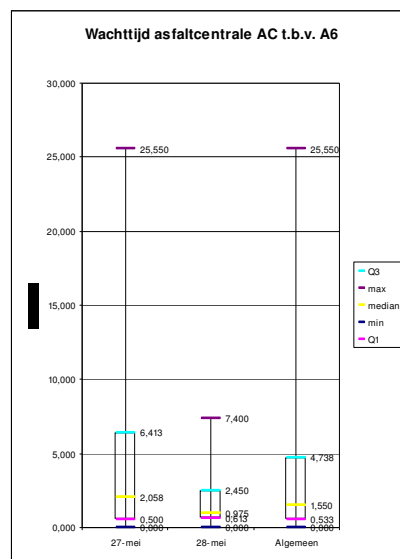
Tabel B- 31: Chi kwadraat -toets lostijd per ton t.b.v. Aziëhavenweg

α	X ²	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

Tabel B- 32: Kritieke waarden voor x² voor lostijd per ton Aziëhavenweg

D-2 A6 afslag 11 Lelystad –noord

D-2.1 Wachten vrachtwagens asfaltcentrale



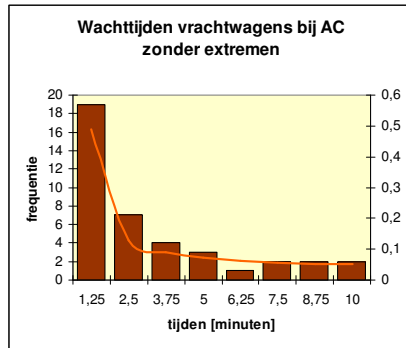
Grafiek B- 35: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale t.b.v. A6

	Zonder extremen
gemiddelde	2,616 min.
mediaan	1,342 min.
mediaan / gemiddelde	0,513
aantal observaties	40
min.	0,000 min.
max.	10,000 min.
standaard afwijking	2,927 min.
kurtosis	0,456
scheefheid	1,255

Tabel B- 33: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. A6

In Grafiek B- 35 zijn de boxplots weergegeven betreffende de wachttijden van de vrachtwagens bij de AC. Er zijn boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk, hierbij valt vooral de maximale wachttijd van woensdag 27 mei op. Aan de hand van de in-

terkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 33 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 36: Histogram wachttijden bij asfaltcentrale t.b.v. A6



Grafiek B- 37: Distribution -function differences plot wachttijden asfaltcentrale t.b.v. A6

In Grafiek B- 36 is een histogram met een Scaled Beta verdeling weergegeven, uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de empirische observaties (zie Grafiek B- 37) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de wachttijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,3282, β van 0,9262, a van 0,0000 min. en een b van 10,0000 min. (zie Tabel B- 34 en Tabel B- 35). Door middel van de Chi -kwadraat toets is bevestigd dat deze distributie bij de observaties past. .

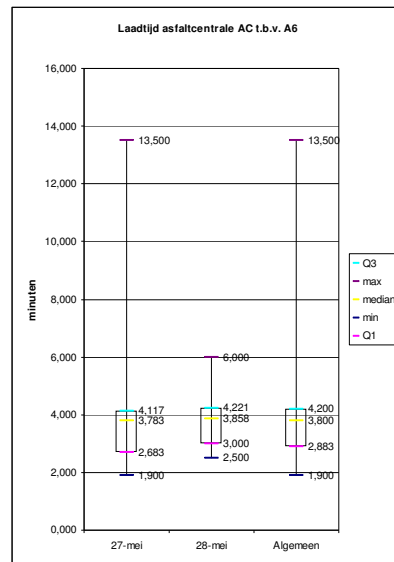
K	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	1,25	19	19,586	0,018
2	2,5	7	5,066	0,738
3	3,75	4	3,588	0,047
4	5	3	2,894	0,004
5	6,25	1	2,487	0,889
6	7,5	2	2,227	0,023
7	8,75	2	2,068	0,002
8	10	2	2,083	0,003
				$X^2 = 1,725$

Tabel B- 34: Chi kwadraat -toets wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

α	X^2	
0,05	14,067	Accept
0,01	18,475	Accept
0,001	24,322	Accept

Tabel B- 35: Kritieke waarden voor x^2 voor de wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

D-2.2 Laden vrachtwagens asfaltcentrale

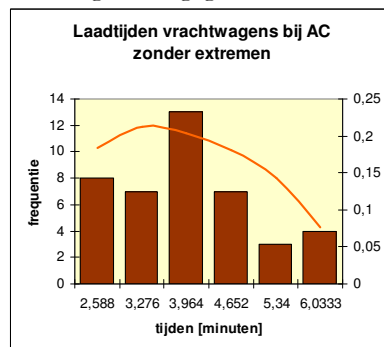


	Zonder extremen
gemiddelde	3,694 min.
mediaan	3,792 min.
mediaan / gemiddelde	1,027
aantal observaties	42,000
min.	1,900 min.
max.	6,033 min.
standaard afwijking	1,057 min.
kurtosis	-0,061
scheefheid	0,537

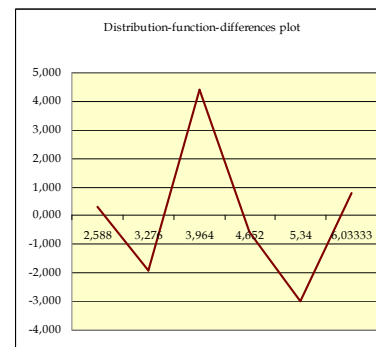
Tabel B- 36: Algemene gegevens laadtijden bij AC t.b.v. A6

Grafiek B- 38: Boxplot laadtijden bij de AC t.b.v. A6

In Grafiek B- 38 zijn de boxplots weergegeven van de laadtijden van de vrachtwagens bij de AC. Hierbij zijn er boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk, opvallend hierbij is vooral de maximale wachttijd op woensdag 27 mei. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 36 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 39: Histogram laadtijden bij AC t.b.v. A6



Grafiek B- 40: Distribution -function differences plot laadtijden AC t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B- 39), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 40) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de laadtijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met een α van 1,1965 β van 1,5608, a van 1,9000 min. en een b van 6,0333 min. (zie Tabel B- 37 en Tabel B- 38). Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de laadtijd van de vrachtwagen volgens een Scaled Beta verdeling verdeeld is.

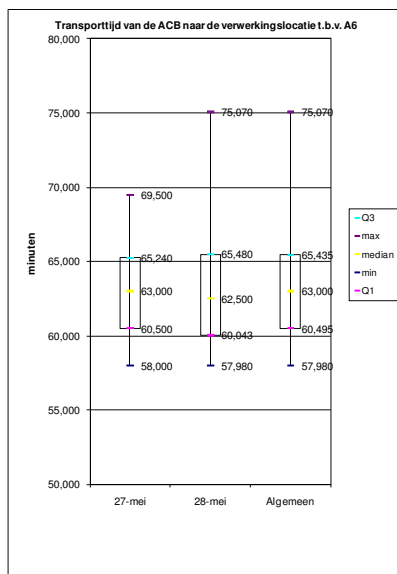
k	x	N _j	np _i	$\frac{(N_j - np_i)^2}{np_i}$
1	2,59	8	7,703	0,011
2	3,28	7	8,921	0,414
3	3,96	13	8,585	2,270
4	4,65	7	7,597	0,047
5	5,34	3	5,982	1,486
6	6,03	4	3,212	0,193
				$X^2 = 4,421$

Tabel B- 37: Chi kwadraat -toets laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	11,071	Accept
0,01	15,086	Accept
0,001	20,515	Accept

Tabel B- 38: Kritieke waarden voor x^2 voor de laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A6

D-2.3 Transport heen

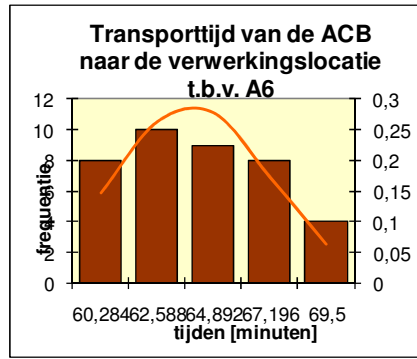


Grafiek B- 41: Boxplot transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. A6

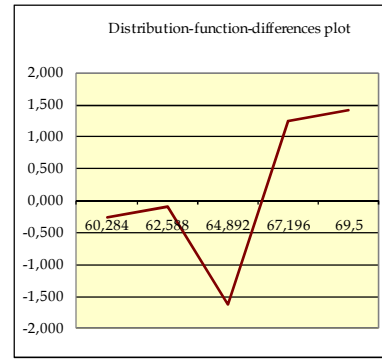
In Grafiek B- 41 zijn de boxplots weergegeven van de transporttijd naar de bouwplaats. Hierbij zijn er boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk. Hierbij valt op dat de afstand tussen Q1, het minimum en de mediaan klein is, dit is niet heel raar omdat de minimale transporttijd voornamelijk bepaald wordt door de afstand en de rijsnelheid. In de periode zonder veel invloed van de files op de reistijd is het dan ook te verwachten dat de reistijd van de vrachtwagens dicht bij elkaar ligt. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 39 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.

	Zonder extremen
gemiddelde	62,824 min.
mediaan	63,000 min.
mediaan / gemiddelde	1,003
aantal observaties	39,000
min.	57,980 min.
max.	69,500 min.
standaard afwijking	3,174 min.
kurtosis	-0,602
scheefheid	0,334

Tabel B- 39: Algemene gegevens transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. A6



Grafiek B- 42: Histogram transporttijd naar bouwplaats t.b.v. A6



Grafiek B- 43: Distribution -function differences plot transporttijd naar bouwplaats t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Normaal distributie op geplote (zie Grafiek B-42), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 43) lijkt het erop dat de data volgens een Normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Normaal verdeling met $\mu = 62,8241$ min. en een σ van 3,1739 (zie Tabel B- 40 en Tabel B- 41). Hieruit blijkt dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeeld is.

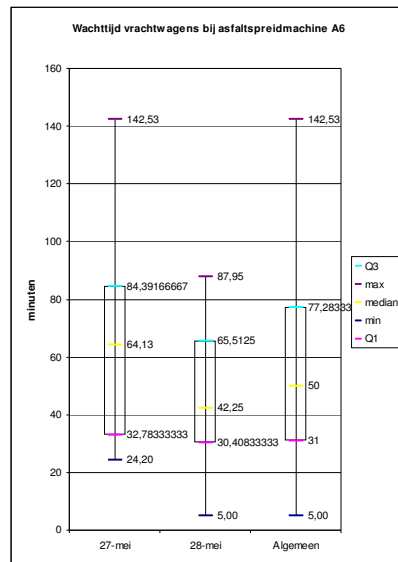
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	60,3	8	8,259	0,008
2	62,6	10	10,085	0,001
3	64,9	9	10,620	0,247
4	67,2	8	6,753	0,230
5	69,5	4	2,592	0,764
				$X^2 = 1,25$

Tabel B- 40: Chi kwadraat -toets transporttijd naar bouwplaats t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	9,4877	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

Tabel B- 41: Kritieke waarden voor x^2 voor de transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. A6

D-2.4 Wachtijd vrachtwagens bij asfaltspreidmachine

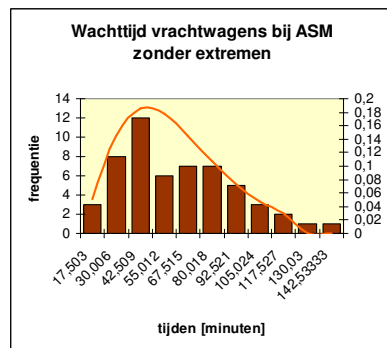


	Zonder extre- men
gemiddelde	56,202 min.
mediaan	50,000 min.
mediaan / gemid- delde	0,890
aantal observaties	55
min.	5,000 min.
max.	142,533 min.
standaard afwijking	30,430 min.
kurtosis	0,073
scheefheid	0,718

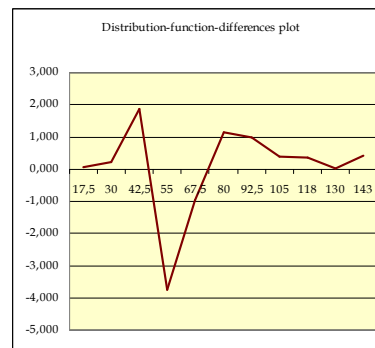
Tabel B- 42: Algemene gegevens wachttijd bij ASM t.b.v. A6

Grafiek B- 44: Boxplot wachttijd vrachtwagens ASM t.b.v. A6

In Grafiek B- 44 zijn de boxplots weergegeven van de wachttijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine. In de boxplots is duidelijk te zien dat er een hoge spreiding zit in de wachttijden van de vrachtwagens. De oorzaak hiervan ligt aan het feit dat men op deze dag veel korte banen heeft geasfalteerd, hierdoor moet de asfaltspreidmachine vaak verplaatsen. Het gevolg ervan is dat de vrachtwagens lang moeten wachten voordat deze kunnen lossen. Aan de hand van de interkwartielfstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 42 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.



Grafiek B- 45: Histogram wachttijd bij ASM t.b.v. A6



Grafiek B- 46: Distribution -function differences plot wachttijd bij ASM t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Gamma distributie op geplot (zie Grafiek B- 45), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 46) lijkt het erop dat de data volgens een Gamma verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de wachttijden bij de ASM daadwerkelijk volgens een Gamma verdeling met $\alpha = 3,4110$ en $\beta = 16,4765$ (zie Tabel B- 43 en Tabel B- 44). Hieruit blijkt dat de wachttijden daadwerkelijk volgens Gamma verdeling verdeeld zijn.

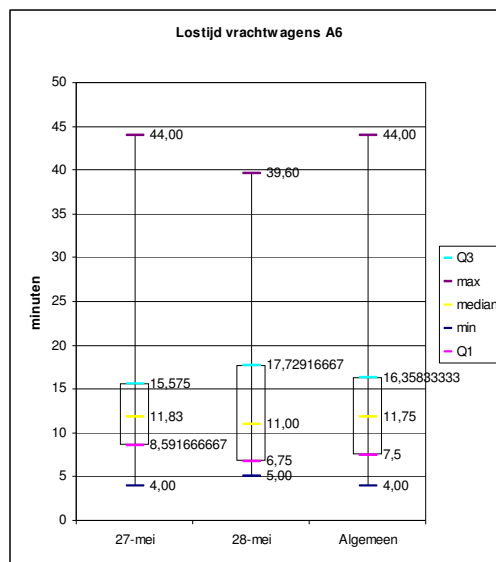
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	17,5	3	2,945	0,001
2	30	8	7,774	0,007
3	42,5	12	10,140	0,341
4	55	6	9,756	1,446
5	67,5	7	7,957	0,115
6	80	7	5,850	0,226
7	92,5	5	4,006	0,247
8	105	3	2,605	0,060
9	118	2	1,628	0,085
10	130	1	0,987	0,000
11	143	1	0,583	0,297
				$X^2 = 2,826$

Tabel B- 43: Chi kwadraat -toets wachttijd ASM t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	18,307	Accept
0,01	23,209	Accept
0,001	29,588	Accept

Tabel B- 44: Kritieke waarden voor x^2 voor de wachttijd ASM t.b.v. A6

D-2.5 Lossen asfaltspreidmachine

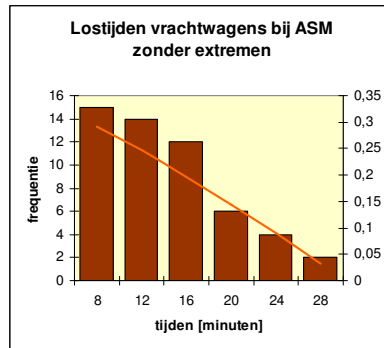


Grafiek B- 47: Boxplot lostijd vrachtwagens ASM t.b.v. A6

In Grafiek B- 47 zijn de boxplots weergegeven van de lostijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine, het valt op dat er grote uitschieters waar te nemen zijn. De oorzaak van deze uitschieters is dat het project bestond uit korte banen, waardoor de asfaltspreidmachine opnieuw moet opstellen tijdens het lossen. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 45 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien.

	Zonder extremen
gemiddelde	12,257 min.
mediaan	11,733 min.
mediaan / gemiddelde	0,957
aantal observaties	53
min.	4,000 min.
max.	28,000 min.
standaard afwijking	5,746 min.
kurtosis	-0,163
scheefheid	0,652

Tabel B- 45: Algemene gegevens lostijd bij ASM t.b.v. A6



Grafiek B- 48: Histogram lostijd bij ASM t.b.v. A6



Grafiek B- 49: Distribution -function differences plot lostijd bij ASM t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta verdeling op geplot (zie Grafiek B-48), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 49) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeling verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de lostijden bij asfaltspredmachine daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met α van 1,0104, β van 1,9266, a van 4,000 min. en b is 28,000 min. (zie Tabel B- 46 en Tabel B- 47) verdeeld is, aan de hand van deze test is dit bevestigd.

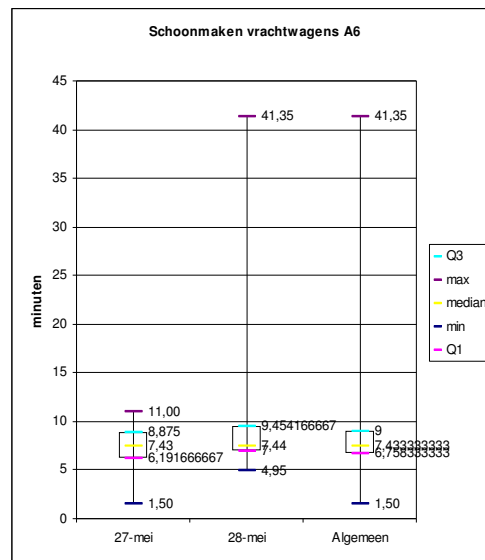
k	x	N_j	np_i	$\frac{(N_j - np_i)^2}{np_i}$
1	8	15	15,477	0,015
2	12	14	13,041	0,071
3	16	12	10,387	0,250
4	20	6	7,630	0,348
5	24	4	4,762	0,122
6	28	2	1,703	0,052
				$X^2 = 0,858$

Tabel B- 46: Chi kwadraat -toets lostijd bij ASM t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	11,071	Accept
0,01	15,086	Accept
0,001	20,515	Accept

 Tabel B- 47: Kritieke waarden voor x^2 voor de lostijd bij ASM t.b.v. A6

D-2.6 Schoonmaken van de vrachtwagen

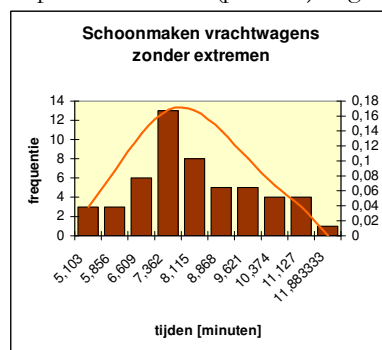


	Zonder extremen
gemiddelde	7,747 min.
mediaan	7,425 min.
mediaan / gemiddelde	0,958
aantal observaties	52
min.	4,350 min.
max.	11,883 min.
standaard afwijking	1,790 min.
kurtosis	-0,398
scheefheid	0,322

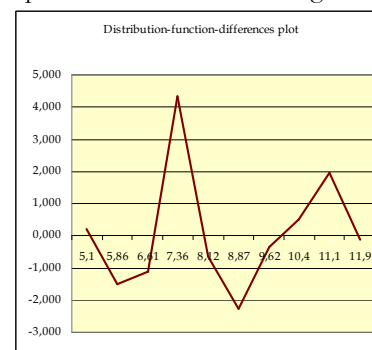
Tabel B- 48: Algemene gegevens schoonmaken van de vrachtwagen t.b.v. A6

Grafiek B- 50: Boxplot schoonmaken vrachtwagen t.b.v. A6

In Grafiek B- 50 zijn de boxplots weergegeven van de tijd die vrachtwagenchauffeurs besteden aan het schoonmaken van de vrachtwagen. Hierbij zijn er boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk. Wat opvalt, is dat op 28 mei een hoge extreme schoonmaaktijd, de oorzaak is terug te leiden naar het feit dat de chauffeur pauze heeft gehouden op de verwerkingslocatie. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 48 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien. Hierin valt opdat de kurtosis (platheid) negatief is, dit duidt op een meer vlakke verdeling.



Grafiek B- 51: Histogram schoonmaken vrachtwagen t.b.v. A6



Grafiek B- 52: Distribution -function differences plot schoonmaken vrachtwagen t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Gamma distributie op geplot (zie Grafiek B- 51), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 52) lijkt het erop dat de data volgens een Gamma verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de tijdsbesteding aan schoonmaken daadwerkelijk volgens een Gamma verdeling met $\alpha = 18,7369$ en $\beta = 0,4135$ (zie Tabel B- 49 en Tabel B- 50). Hieruit blijkt dat de schoonmaaktijd daadwerkelijk volgens een Gamma verdeling verdeeld is.

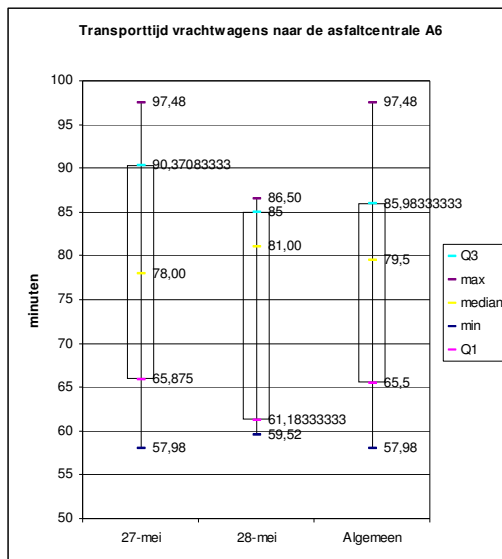
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	5,1	3	2,791	0,016
2	5,86	3	4,507	0,504
3	6,61	6	7,100	0,171
4	7,36	13	8,674	2,157
5	8,12	8	8,642	0,048
6	8,87	5	7,285	0,717
7	9,62	5	5,344	0,022
8	10,4	4	3,485	0,076
9	11,1	4	2,054	1,843
10	11,9	1	1,113	0,012
				$X^2 = 5,565$

Tabel B- 49: Chi kwadraat -toets schoonmaken vrachtwagen t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	15,507	Accept
0,01	20,09	Accept
0,001	26,124	Accept

Tabel B- 50: Kritieke waarden voor x^2 voor de schoonmaken vrachtwagen t.b.v. A6

D-2.7 Transporttijd naar de asfaltcentrale

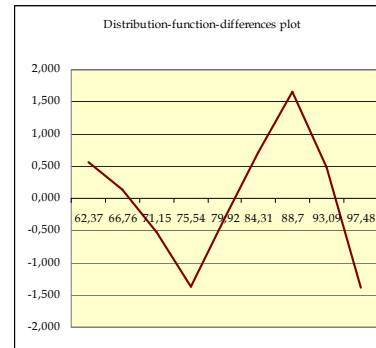
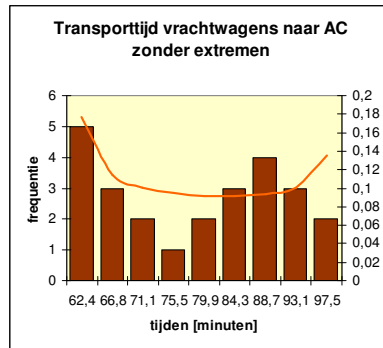


Grafiek B- 53: Boxplot transporttijd naar de AC t.b.v. A6

	Zonder extremen
gemiddelde	76,690 min.
mediaan	79,500 min.
mediaan / gemiddelde	1,037
aantal observaties	25
min.	57,983 min.
max.	97,483 min.
standaard afwijking	12,520 min.
kurtosis	-1,404
schiefheid	-0,043

Tabel B- 51: Algemene gegevens transporttijd naar de AC t.b.v. A6

In Grafiek B- 53 zijn de boxplots weergegeven van de transporttijd naar de asfaltcentrale. Hierbij zijn er boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 51 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien. Hierin valt opdat de kurtosis (platheid) negatief is, dit duidt op een meer vlakke verdeling.



Grafiek B- 54: Histogram transporttijd naar AC t.b.v. A6 Grafiek B- 55: Distribution -function differences plot transporttijd naar AC t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B- 54), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 55) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de transporttijden naar de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met $\alpha = 0,7016$, $\beta = 0,7799$, $a = 57,9833$ min. en een $b = 97,4833$ min. (zie Tabel B- 52 en Tabel B- 53). Hieruit blijkt dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeeld is.

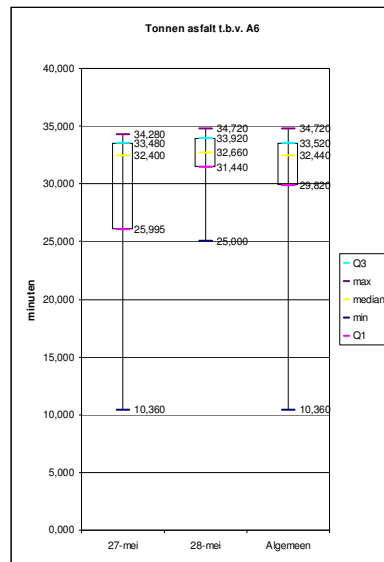
k	x	N_j	np_j	$(N_j - np_j)^2 / np_j$
1	62,4	5	4,436	0,072
2	66,8	3	2,861	0,007
3	71,1	2	2,524	0,109
4	75,5	1	2,365	0,788
5	79,9	2	2,293	0,037
6	84,3	3	2,283	0,225
7	88,7	4	2,340	1,178
8	93,1	3	2,517	0,093
9	97,5	2	3,381	0,564
				$X^2 = 3,073$

Tabel B- 52: Chi kwadraat -toets transporttijd naar AC t.b.v. A6

α	x^2	
0,05	15,507	Accept
0,01	20,09	Accept
0,001	26,124	Accept

Tabel B- 53: Kritieke waarden voor x^2 voor de transporttijd naar de AC t.b.v. A6

D-2.8 Vervoerde tonnen asfalt

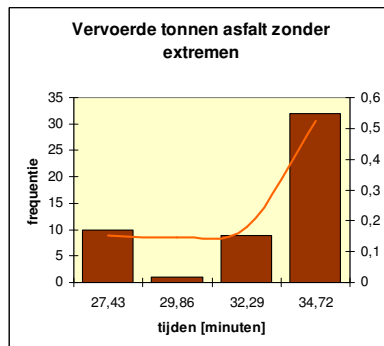


	Zonder extre- men
gemiddelde	31,532 ton
mediaan	32,580 ton
mediaan / gemid- delde	1,033
aantal observaties	52
min.	25,000 ton
max.	34,720 ton
standaard afwij- king	3,056 ton
kurtosis	-0,026
scheefheid	-1,208

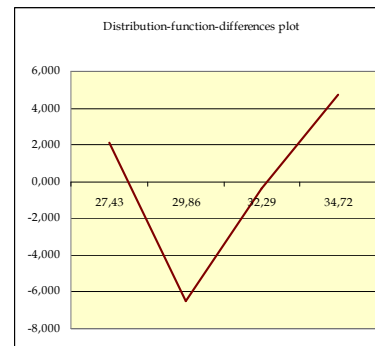
Tabel B- 54: Algemene gegevens vervoerde tonnen t.b.v. A6

Grafiek B- 56: Boxplot vervoerde tonnen t.b.v. A6

In Grafiek B- 56 zijn de boxplots weergegeven van de hoeveelheid vervoerde tonnen asfalt. Hierbij zijn er boxplots gemaakt van de twee dagen apart en één van beide dagen gezamenlijk. Aan de hand van de interkwartielafstand zijn de extremen eruit gefilterd, in Tabel B- 54 zijn de gevolgen met betrekking tot de algemene gegevens te zien. Hierin valt opdat de kurtosis (platheid) rond de 0 is, dit kan duiden op een normaal verdeling. Echter aan de scheefheid valt op te maken dat de verdeling scheef is, dit zou kunnen duiden op een beta verdeling.



Grafiek B- 57: Histogram vervoerde tonnen asfalt t.b.v. A6



Grafiek B- 58: Distribution -function differences plot vervoerde tonnen asfalt t.b.v. A6

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een Scaled Beta distributie op geplot (zie Grafiek B- 57), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 58) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is. Dit komt dus overeen met de scheefheid uit de algemene gegevens.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de hoeveelheid vervoerde asfalt volgens een Scaled Beta verdeling met $\alpha = 0,8260$, $\beta = 0,4031$, $a = 25,0000$ ton en een $b = 34,7200$ ton (zie Tabel B- 55 en Tabel B- 56). Hieruit blijkt dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeeld is.

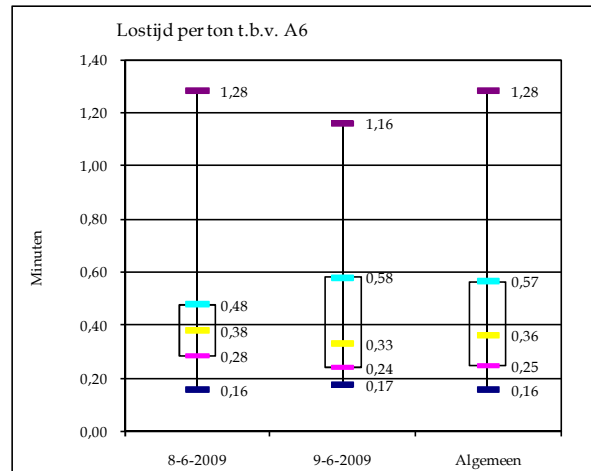
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	27,4	10	7,866	0,579
2	29,9	1	7,496	5,629
3	32,3	9	9,392	0,016
4	34,7	32	27,246	0,829
				$\chi^2 = 7,054$

Tabel B- 55: Chi kwadraat –toets vervoerde tonnen t.b.v. A6

α	χ^2	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

 Tabel B- 56: Kritieke waarden voor χ^2 voor de transporttijd naar de AC t.b.v. A6

D-2.9 Lostijd per ton asfalt

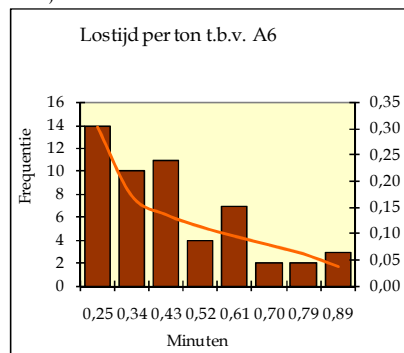


Grafiek B- 59: Boxplot lostijd per ton t.b.v. A6

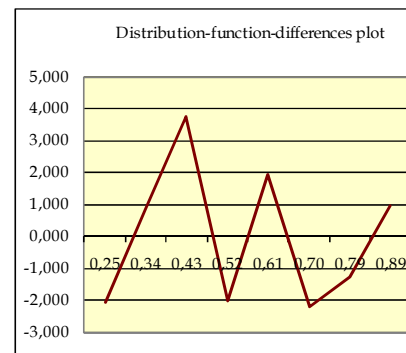
	Zonder extremen
gemiddelde	0,398 min/ton
mediaan	0,350 min/ton
mediaan / gemiddelde	0,880
aantal observaties	53,000
min.	0,156 min/ton
max.	0,886 min/ton
standaard afwijking	0,197 min/ton
kurtosis	0,039
scheefheid	0,883

Tabel B- 57: Algemene gegevens lostijd per ton t.b.v. A6

In Grafiek B- 59 zijn de boxplots weergegeven betreffende de lostijd per ton asfalt. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 57 is een overzicht te vinden van de gegevens waarbij de extremen eruit gefilterd zijn.



Grafiek B- 60: Histogram lostijd per ton t.b.v. A6



Grafiek B- 61: Distribution -function differences plot lostijd per ton A6

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 60) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 61) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta distributie verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de lostijd per ton daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met $\alpha = 0,6786$, $\beta = 1,3673$, $a = 0,1561$ min/ton en een $b = 0,8855$ min/ton (zie Tabel B- 58 en Tabel B- 59).

k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	0,25	14	16,053	0,263
2	0,34	10	9,115	0,086
3	0,43	11	7,234	1,960
4	0,52	4	6,023	0,679
5	0,61	7	5,063	0,741
6	0,7	2	4,194	1,147
7	0,79	2	3,291	0,506
8	0,89	3	2,027	0,467
				X ² = 5,85

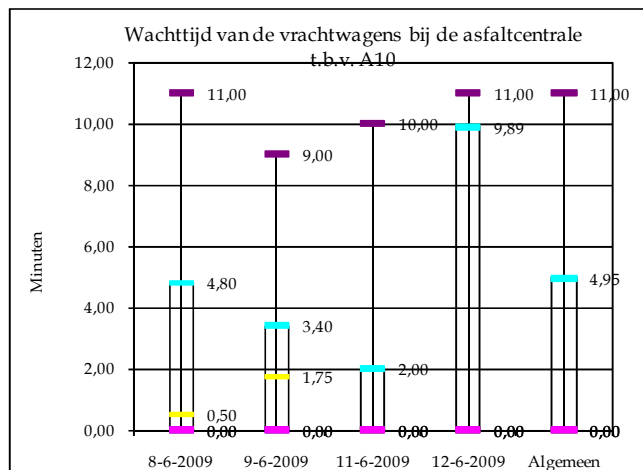
Tabel B- 58: Chi kwadraat -toets lostijd per ton t.b.v. A6

α	X ²	
0,05	14,067	Accept
0,01	18,475	Accept
0,001	24,322	Accept

Tabel B- 59: Kritieke waarden voor x² voor lostijd per ton A6

D-3 A10 ring Oost

D-3.1 Wachten vrachtwagens asfaltcentrale

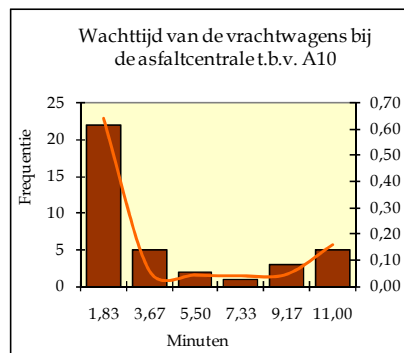


Grafiek B- 62: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale t.b.v. A10 ring oost

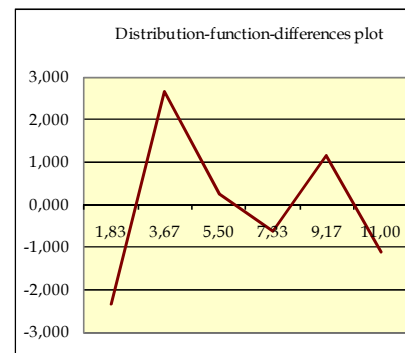
	Zonder extremen
gemiddelde	2,868 min.
mediaan	0,000 min.
mediaan / gemiddelde	0,000
aantal observaties	38,000
min.	0,000 min.
max.	11,000 min.
standaard afwijking	4,041 min.
kurtosis	-0,369
scheefheid	1,117

Tabel B- 60: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 62 zijn de boxplots weergegeven betreffende de wachttijden van de vrachtwagens bij de AC. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 60 is een overzicht te vinden van de gegevens algemene gegevens.



Grafiek B- 63: Histogram wachttijden bij asfaltcentrale t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 64: Distribution -function differences plot wachttijden asfaltcentrale t.b.v. A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 63) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 64) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de wachttijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,1116, β van 0,3166, a van 0,0000 min. en een b van 11,0000 min.(zie Tabel B- 61 en Tabel B- 62).

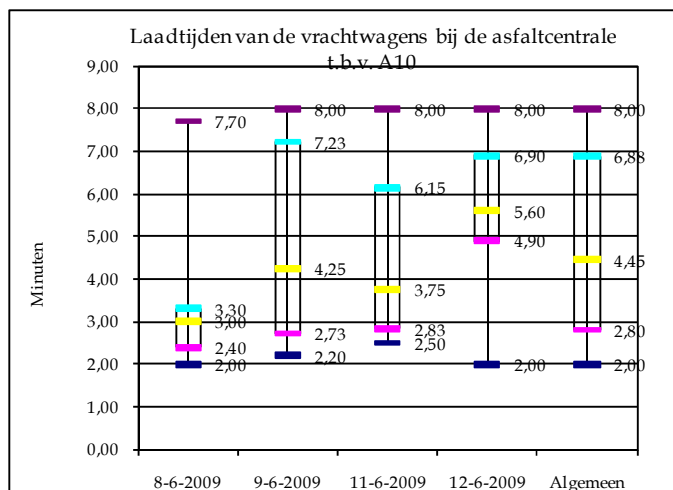
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	1,83	22	24,345	0,226
2	3,67	5	2,343	3,014
3	5,5	2	1,736	0,040
4	7,33	1	1,617	0,235
5	9,17	3	1,853	0,711
6	11	5	6,107	0,201
				X ² = 4,427

Tabel B- 61: Chi kwadraat -toets wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	11,070	Accept
0,01	15,086	Accept
0,001	20,515	Accept

Tabel B- 62: Kritieke waarden voor x² voor de wachttijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A10 ring oost

D-3.2 Laden vrachtwagens asfaltcentrale

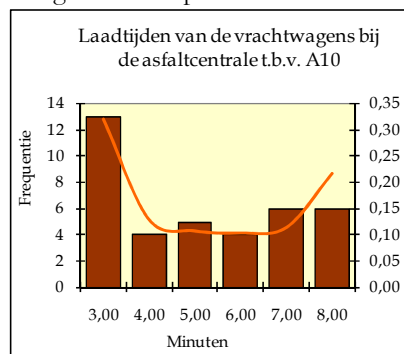


Grafiek B- 65: Boxplot laadtijden bij de asfaltcentrale t.b.v. A10 ring oost

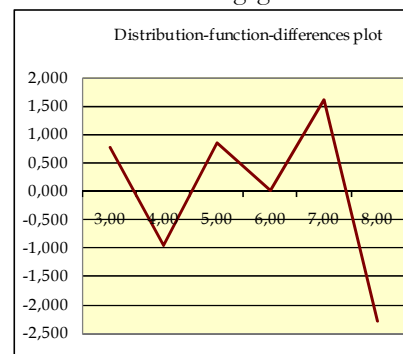
	Zonder extremen
gemiddelde	4,687 min.
mediaan	4,450 min.
mediaan / gemiddelde	0,949
aantal observaties	38,000
min.	2,000 min.
max.	8,000 min.
standaard afwijking	2,107 min.
kurtosis	-1,409
schiefheid	0,325

Tabel B- 63: Algemene gegevens laadtijden bij AC t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 65 zijn de boxplots weergegeven betreffende de laadtijden van de vrachtwagens bij de AC. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 63 is een algemeen overzicht te weergegeven.



Grafiek B- 66: Histogram laadtijden bij asfaltcentrale t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 67: Distribution -function differences plot laadtijden AC t.b.v. A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 66) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 67) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta distributie verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de laadtijden bij de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,4497, β van 0,5546, a van 2,0000 min. en een b van 8,0000 min.(zie Tabel B- 64 en Tabel B- 65).

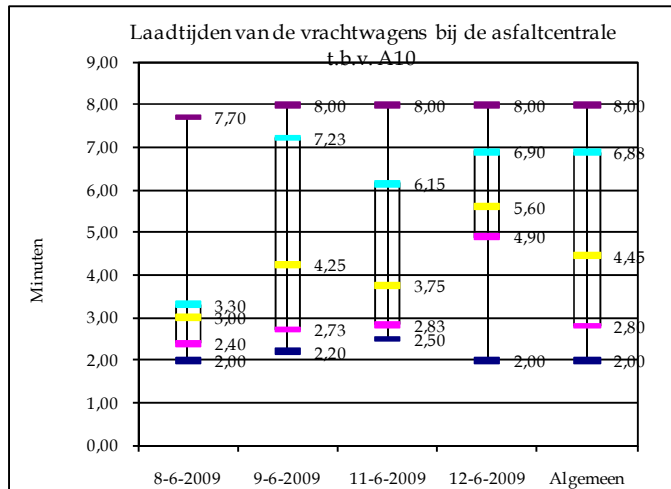
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	1,83	22	24,345	0,226
2	3,67	5	2,343	3,014
3	5,5	2	1,736	0,040
4	7,33	1	1,617	0,235
5	9,17	3	1,853	0,711
6	11	5	6,107	0,201
				X ² = 4,427

Tabel B- 64: Chi kwadraat -toets laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	11,070	Accept
0,01	15,086	Accept
0,001	20,515	Accept

Tabel B- 65: Kritieke waarden voor x² voor de laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. A10 ring oost

D-3.3 Transport heen

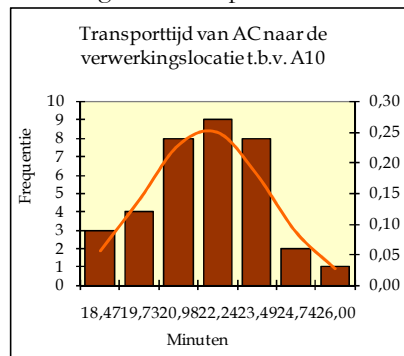


Grafiek B- 68: Boxplot transport naar verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost

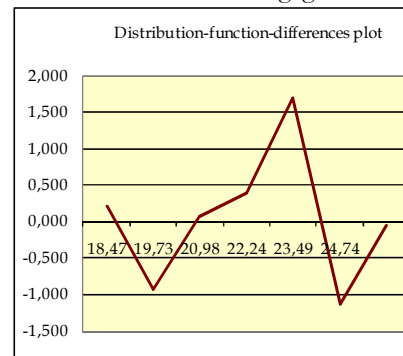
	Zonder extremen
gemiddelde	21,243 min.
mediaan	21,500 min.
mediaan / gemiddelde	1,012
aantal observaties	35,000
min.	17,220 min.
max.	26,000 min.
standaard afwijking	1,969 min.
kurtosis	-0,067
scheefheid	-0,039

Tabel B- 66: Algemene gegevens transport naar A10 ring oost

In Grafiek B- 68 zijn de boxplots weergegeven betreffende de transporttijd van de vrachtwagens naar de ASM. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 66 is een overzicht te vinden van de gegevens.



Grafiek B- 69: Histogram transport naar verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 70: Distribution -function differences plot transport naar A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 69) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 70) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de transporttijd naar de verwerkingslocatie daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met μ van 21,2426 minuten en een σ van 1,9693 minuten. (zie Tabel B- 67 en Tabel B- 68).

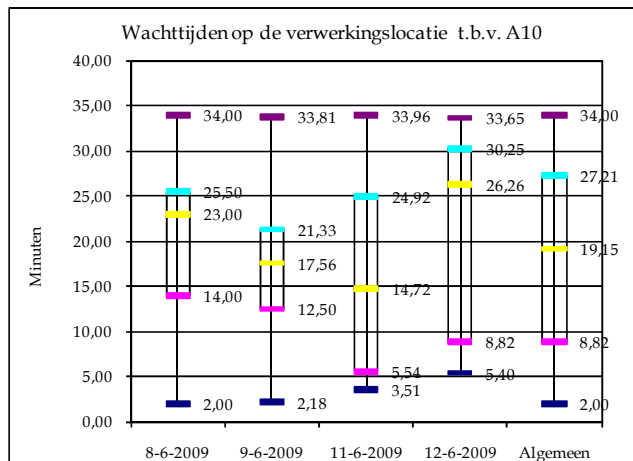
K	x	N _i	np _i	$\frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}$
1	18,474	3	2,796	0,015
2	19,728	4	4,936	0,178
3	20,982	8	7,926	0,001
4	22,236	9	8,598	0,019
5	23,49	8	6,303	0,457
6	24,744	2	3,122	0,403
7	26	1	1,045	0,002
				X ² = 1,074

Tabel B- 67: Chi kwadraat -toets transport naar A10 ring oost

α	X ²	
0,05	12,592	Accept
0,01	16,812	Accept
0,001	22,458	Accept

Tabel B- 68: Kritieke waarden voor x² voor de transport naar A10 ring oost

D-3.4 Wachten asfaltspreidmachine

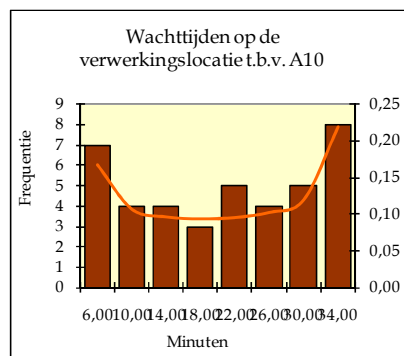


Grafiek B- 71: Boxplot wachttijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost

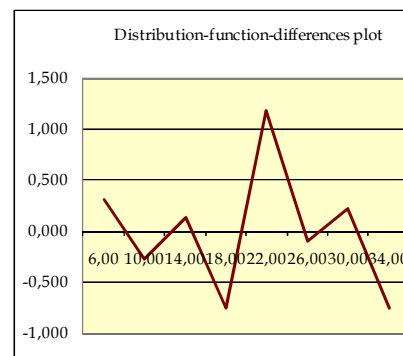
	Zonder extremen
gemiddelde	18,938 min.
mediaan	19,147 min.
mediaan / gemiddelde	1,011
aantal observaties	40,000
min.	2,000 min.
max.	34,000 min.
standaard afwijking	10,570 min.
kurtosis	-1,333
scheefheid	-0,070

Tabel B- 69: Algemene gegevens wachttijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 71 zijn de boxplots weergegeven betreffende de wachttijden van de vrachtwagens bij de ASM. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 69 is een overzicht te vinden van de algemene gegevens.



Grafiek B- 72: Histogram wachttijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 73: Distribution -function differences plot wachttijd verwerkingslocatie A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 72) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 73) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta distributie verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de wachttijden bij de asfaltspreidmachine daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,6795, β van 0,6042, a van 2,0000 min. en een b van 34,0000 min.(zie Tabel B- 70 en Tabel B- 71).

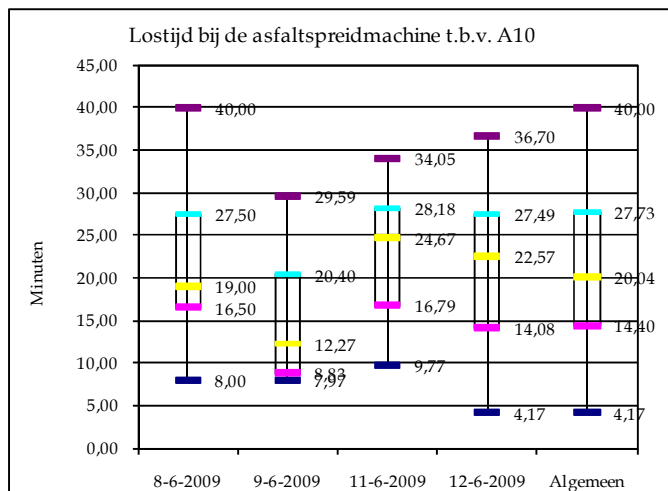
K	x	N _i	np _i	$\frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}$
1	6	7	6,685	0,015
2	10	4	4,273	0,017
3	14	4	3,857	0,005
4	18	3	3,745	0,148
5	22	5	3,817	0,366
6	26	4	4,095	0,002
7	30	5	4,782	0,010
8	34	8	8,745	0,063
				X ² = 0,628

Tabel B- 70: Chi kwadraat -toets wachttijd verwerkingslocatie

α	X ²	
0,05	14,067	Accept
0,01	18,475	Accept
0,001	24,322	Accept

Tabel B- 71: Kritieke waarden voor χ^2 voor wachttijd verwerkingslocatie A10 ring oost

D-3.5 Lossen asfaltspreidmachine

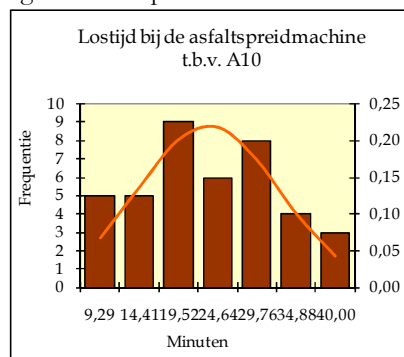


Grafiek B- 74: Boxplot lostijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost

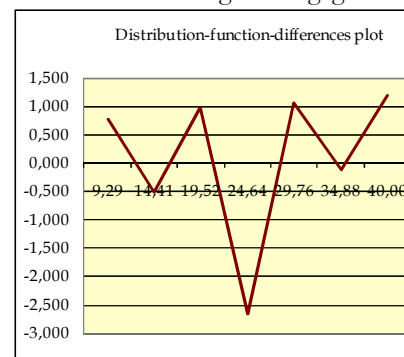
	Zonder extremen
gemiddelde	20,836 min.
mediaan	20,040 min.
mediaan / gemiddelde	0,962
aantal observaties	40,000
min.	4,170 min.
max.	40,000 min.
standaard afwijking	9,233 min.
kurtosis	-0,896
schiefheid	0,166

Tabel B- 72: Algemene gegevens lostijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 74 zijn de boxplots weergegeven betreffende de lostijd van de vrachtwagens bij de ASM. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 72 is een overzicht te vinden van de algemene gegevens.



Grafiek B- 75: Histogram lostijd verwerkingslocatie t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 76: Distribution -function differences plot lostijd verwerkingslocatie A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 75) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 76) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de lostijd bij de asfaltspreidmachine daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met μ van 20,8359 minuten en een σ van 9,2332 minuten.(zie Tabel B- 73 en Tabel B- 74).

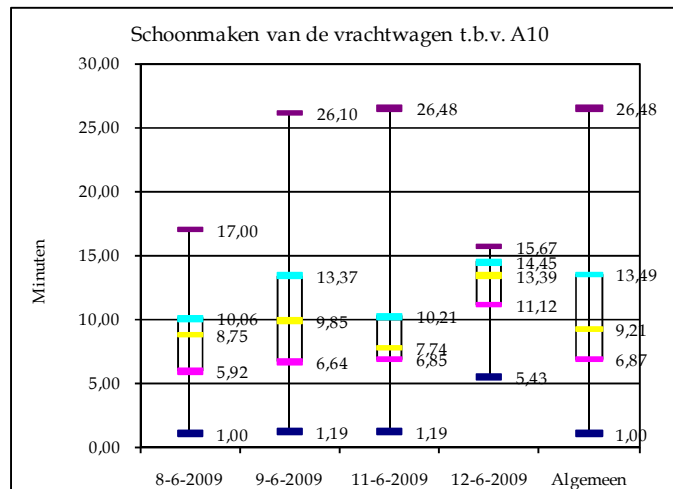
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	9,29	5	4,221	0,144
2	14,4	5	5,503	0,046
3	19,5	9	8,017	0,121
4	24,6	6	8,656	0,815
5	29,8	8	6,928	0,166
6	34,9	4	4,110	0,003
7	40	3	1,807	0,787
				X ² = 2,081

Tabel B- 73: Chi kwadraat -toets lostijd verwer-
kingslocatie t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	12,592	Accept
0,01	16,812	Accept
0,001	22,458	Accept

Tabel B- 74: Kritieke waarden voor x² voor lostijd
verwerkingslocatie A10 ring oost

D-3.6 Schoonmaken

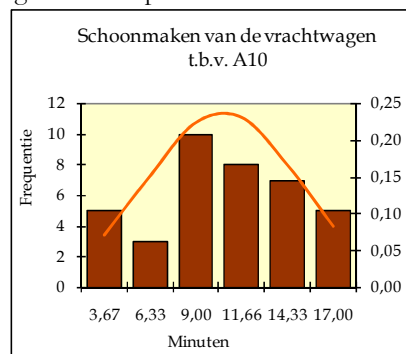


Grafiek B- 77: Boxplot schoonmaken t.b.v. A10 ring oost

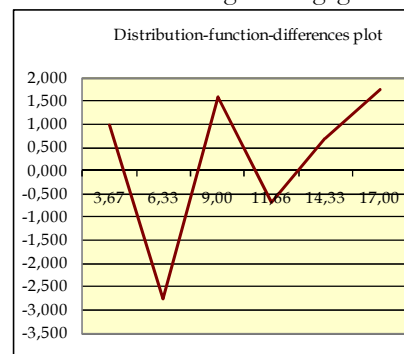
	Zonder ex- tremen
gemiddelde	9,225 min.
mediaan	9,060 min.
mediaan / gemiddelde	0,982
aantal ob- servaties	38,000
min.	1,000 min.
max.	17,000 min.
standaard afwijking	4,454 min.
kurtosis	-0,706
schiefheid	-0,321

Tabel B- 75: Algemene gegevens
schoonmaken t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 77 zijn de boxplots weergegeven betreffende de schoonmaaktijd van de vrachtwagens. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 75 is een overzicht te vinden van de algemene gegevens.



Grafiek B- 78: Histogram schoonmaken t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 79: Distribution -function differences plot
schoonmaken A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 78) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 79) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de schoonmaaktijd van de vrachtwagens daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met μ van 9,2254 minuten en een σ van 4,4543 minuten.(zie Tabel B- 76 en Tabel B- 77).

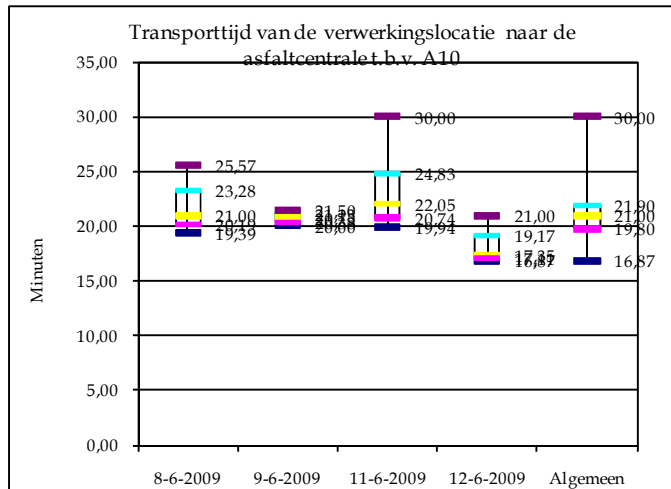
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	3,67	5	4,028	0,235
2	6,33	3	5,776	1,334
3	9	10	8,423	0,295
4	11,7	8	8,676	0,053
5	14,3	7	6,313	0,075
6	17	5	3,247	0,947
				X ² =2,938

Tabel B- 76: Chi kwadraat -toets schoonmaken t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	11,070	Accept
0,01	15,086	Accept
0,001	20,515	Accept

Tabel B- 77: Kritieke waarden voor x² voor schoonmaken A10 ring oost

D-3.7 Transport van verwerkingslocatie naar asfaltcentrale

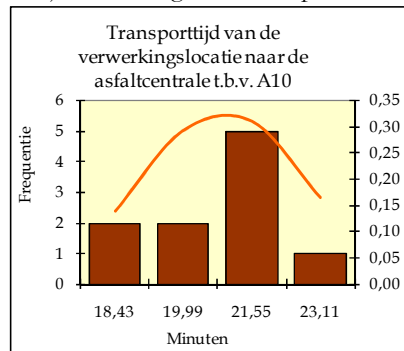


Grafiek B- 80: Boxplot transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

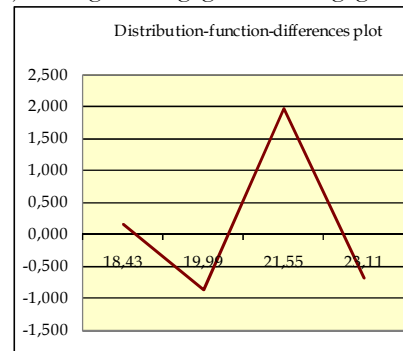
	Zonder extremen
gemiddelde	20,115 min.
mediaan	20,500 min.
mediaan / gemiddelde	1,019
aantal observaties	10,000
min.	16,867 min.
max.	23,107 min.
standaard afwijking	1,886 min.
kurtosis	0,077
scheefheid	-0,504

Tabel B- 78: Algemene gegevens transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 80 zijn de boxplots weergegeven betreffende de transporttijd van de vrachtwagens terug naar de AC. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 78 zijn de algemene gegevens weergegeven.



Grafiek B- 81: Histogram transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 82: Distribution -function differences plot transporttijd terug A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 81) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 82) lijkt het erop dat de data volgens een Normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de transporttijd van de verwerkingslocatie naar de asfaltcentrale daadwerkelijk volgens een Normaal verdeling verdeeld is, met een μ van 20,1147 min. en een σ van 1,8858 min.(zie Tabel B- 79 en Tabel B- 80).

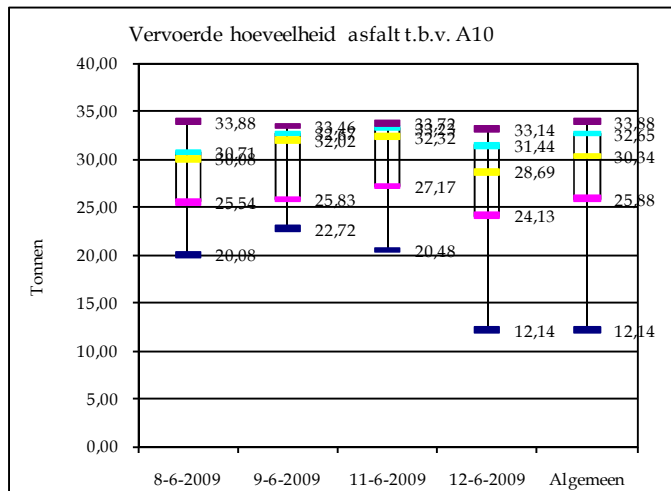
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	18,4	2	1,854	0,012
2	20	2	2,876	0,267
3	21,5	5	3,032	1,277
4	23,1	1	1,675	0,272
				X ² = 1,827

Tabel B- 79: Chi kwadraat -toets transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

Tabel B- 80: Kritieke waarden voor x² voor transporttijd terug A10 ring oost

D-3.8 Vervoerde tonnen asfalt

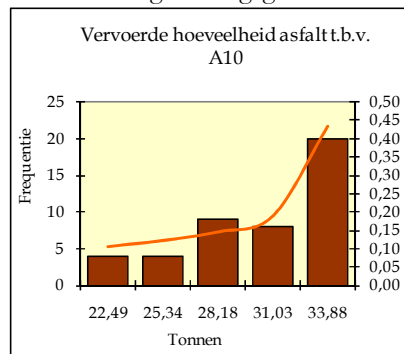


Grafiek B- 83: Boxplot transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

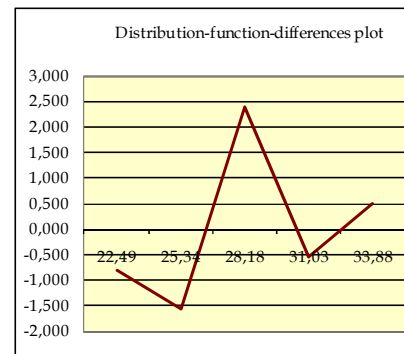
	Zonder extremen
gemiddelde	29,030 ton
mediaan	30,520 ton
mediaan / gemiddelde	1,051
aantal observaties	45,000
min.	19,640 ton
max.	33,880 ton
standaard afwijking	4,230 ton
kurtosis	-0,472
scheefheid	-0,779

Tabel B- 81: Algemene gegevens transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 83 zijn de boxplots weergegeven betreffende de hoeveelheid vervoerde tonnen asfalt door de vrachtwagens terug naar de AC. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 81 is een overzicht gegeven met de algemene gegevens.



Grafiek B- 84: Histogram transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 85: Distribution -function differences plot transporttijd terug A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 84) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 85) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta distributie verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de vervoerde hoeveelheid tonnen asfalt daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 1,0188, β van 0,5262, a van 19,6400 min. en een b van 33,8800 min.(zie Tabel B- 82 en Tabel B- 83).

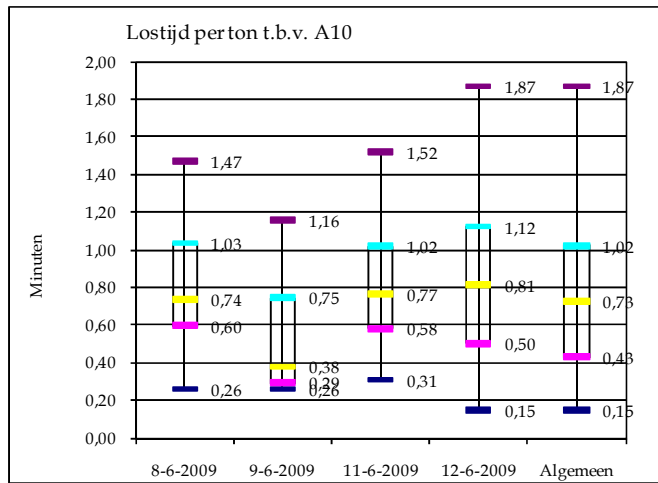
K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	22,5	4	4,806	0,135
2	25,3	4	5,560	0,438
3	28,2	9	6,600	0,873
4	31	8	8,536	0,034
5	33,9	20	19,497	0,013
				X ² = 1,492

Tabel B- 82: Chi kwadraat -toets transporttijd terug t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	9,488	Accept
0,01	13,277	Accept
0,001	18,467	Accept

Tabel B- 83: Kritieke waarden voor x² voor transporttijd terug A10 ring oost

D-3.9 Lostijd per ton asfalt

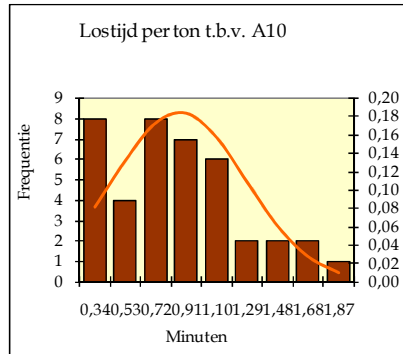


Grafiek B- 86: Boxplot lostijd per ton t.b.v. A10 ring oost

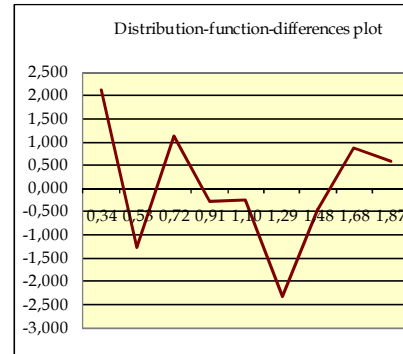
	Zonder extre- men
gemiddelde	0,771 min/ton
mediaan	0,727 min/ton
mediaan / gemiddelde	0,943
aantal ob- servaties	40,000
min.	0,147 min/ton
max.	1,869 min/ton
standaard afwijking	0,413 min/ton
kurtosis	0,131
schiefheid	0,710

Tabel B- 84: Algemene gegevens lostijd per ton t.b.v. A10 ring oost

In Grafiek B- 86 zijn de boxplots weergegeven betreffende de lostijd per ton asfalt. Er zijn verschillende boxplots gemaakt t.b.v. de verschillende dagen die gedraaid zijn en één algemene boxplot. In Tabel B- 84 zijn de algemene gegevens m.b.t. de lostijd per ton weergegeven.



Grafiek B- 87: Histogram lostijd per ton t.b.v. A10 ring oost



Grafiek B- 88: Distribution -function differences plot lostijd per ton A10 ring oost

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 87) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 88) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de schoonmaaktijd van de vrachtwagens daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met μ van 0,7713 min/ton en een σ van 0,4131 min/ton(zie Tabel B- 85 en Tabel B- 86).

K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	0,34	8	5,886	0,759
2	0,53	4	5,267	0,305
3	0,72	8	6,874	0,184
4	0,91	7	7,272	0,010
5	1,1	6	6,236	0,009
6	1,29	2	4,335	1,257
7	1,48	2	2,442	0,080
8	1,68	2	1,115	0,702
9	1,87	1	0,416	0,822
				X ² = 4,129

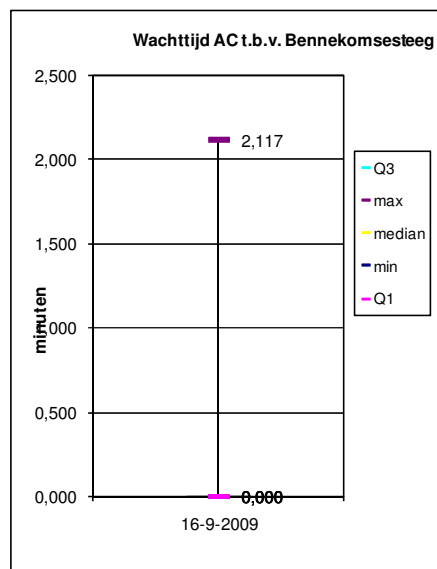
Tabel B- 85: Chi kwadraat -toets lostijd per ton t.b.v. A10 ring oost

α	X ²	
0,05	15,507	Accept
0,01	20,090	Accept
0,001	26,124	Accept

Tabel B- 86: Kritieke waarden voor x² voor lostijd per ton A10 ring oost

D-4 Bennekomsesteeg Wageningen

D-4.1 Wachten vrachtwagens asfaltcentrale



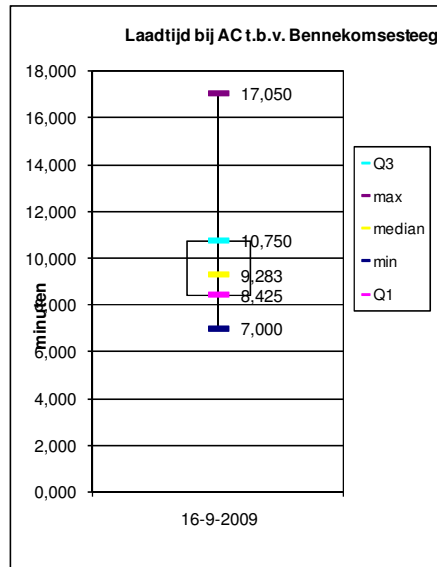
Grafiek B- 89: Boxplot wachttijden bij de asfaltcentrale t.b.v. Bennekomsesteeg

	Zonder extremen
gemiddelde	0,000 min.
mediaan	0,000 min.
aantal observaties	6,000
min	0,000 min.
max	0,000 min.
standaard afwijking	0,000 min.

Tabel B- 87: Algemene gegevens wachttijden bij AC t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 89 is de boxplot van de wachttijden van de vrachtwagens bij de AC weergegeven, wat opvalt aan de boxplot dat alleen het maximum duidelijk weergegeven is. In Tabel B- 87 zijn de algemene gegevens weergegeven, hier valt op dat na het filteren van de extremen er alleen maar observaties overblijven zonder wachttijd. Er kan geconcludeerd worden dat er geen sprake is van wachttijd voor de vrachtwagens bij de AC op 16-09-2009.

D-4.2 Laden vrachtwagens asfaltcentrale

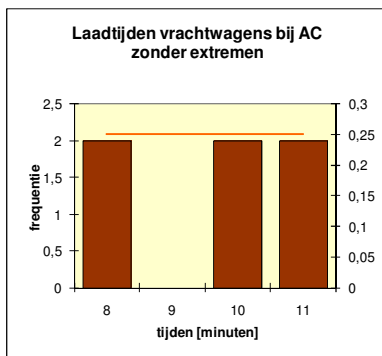


Grafiek B- 90: Boxplot laadtijden bij de AC t.b.v. Bennekomsesteeg

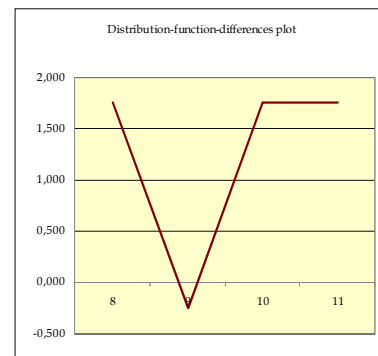
In Grafiek B- 90 is de boxplot weergegeven voor de laadtijd van de vrachtwagens bij de AC. Hierbij valt op dat alle observaties dicht bij elkaar liggen, met uitzondering van de uitschieter naar 17 minuten. In Tabel B- 88 is te zien dat de kurtosis een negatieve waarde heeft wat op een vlakke distributie kan duiden.

	Zonder extremen
gemiddelde	9,106 min.
mediaan	9,200 min.
mediaan / gemiddelde	1,010
aantal observaties	6,000
min.	7,000 min.
max.	11,000 min.
standaard afwijking	1,542 min.
kurtosis	-1,308
scheefheid	-0,197

Tabel B- 88: Algemene gegevens laadtijden bij AC t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 91: Histogram laadtijden bij AC t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 92: Distribution -function differences plot laadtijden AC t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 91 zijn de laadtijden van de vrachtwagens bij de AC weergegeven, samen met een uniforme distributie. Aan de hand van de uniforme distributie en de observaties zijn de verschillen weergegeven in Grafiek B- 92, uit de algemene gegevens en de visuele weergaven van de gegevens, lijkt het erop dat de laadtijden van de vrachtwagens volgens een uniforme distributie verdeeld zijn.

Aan de hand van de Chi -kwadraat toets in Tabel B- 89 blijkt dat de laadtijden daadwerkelijk volgens een Uniforme Distributie verdeeld zijn (zie Tabel B- 90). De minimale waarde van de uniforme verdeling is 7,0 min. en het maximum is 11,0 min.

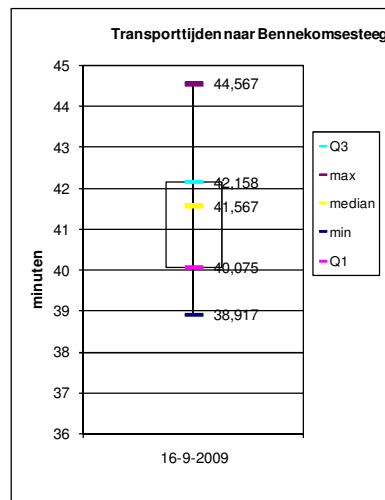
k	x	N _j	np _i	$\frac{(N_j - np_i)^2}{np_i}$
1	8	2	1,500	0,167
2	9	0	1,500	1,500
3	10	2	1,500	0,167
4	11	2	1,500	0,167
				$X^2 = 2$

Tabel B- 89: Chi kwadraat -toets laadtijden vrachtwagens bij de AC t.b.v. Bennekomsesteeg

A	x ²	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

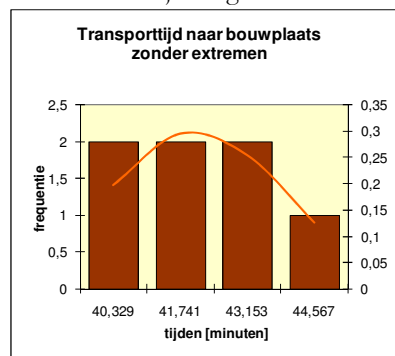
Tabel B- 90: Kritieke waarden voor x² voor laadtijden vrachtwagens bij AC t.b.v. Bennekomsesteeg

D-4.3 Transport heen



Grafiek B- 93: Boxplot transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. Bennekomsesteeg

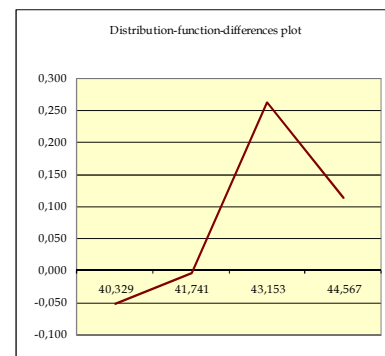
In Grafiek B- 93 is de boxplot weergegeven van de transporttijd naar de bouwplaats. Hierbij valt op de transporttijden redelijk dicht bij elkaar liggen, dit komt doordat er een redelijke korte transportafstand is en het transport plaats vindt op een rustig traject buiten de spits. In Tabel B- 91 zijn de algemene gegevens te zien. De kurtosis en scheefheid duiden er op dat de transporttijd verdeeld kan zijn volgens een normaal verdeling.



Grafiek B- 94: Histogram transporttijd naar bouwplaats t.b.v. Bennekomsesteeg

	Zonder extremen
gemiddelde	41,360 min.
mediaan	41,567 min.
mediaan / gemiddelde	1,005
aantal observaties	7,000
min.	38,917 min.
max.	44,567 min.
standaard afwijking	1,895 min.
kurtosis	0,173
scheefheid	0,451

Tabel B- 91: Algemene gegevens transporttijd naar de bouwplaats t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 95: Distribution -function differences plot transporttijd naar bouwplaats Bennekomsesteeg

Vervolgens is er een histogram opgesteld en een normaal verdeling op geplote (zie Grafiek B- 94), uit de visuele analyse van het histogram en na het uitzetten van de verschillen tussen de theoretische verdeling en de distribution -function differences (zie Grafiek B- 95) lijkt het erop dat de data normaal verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt gekeken of de transporttijden naar de bouwplaats daadwerkelijk volgens een normaal verdeling met een $\mu = 41,3595$ min. en $\sigma = 1,8950$ min. (zie Tabel B- 92 en Tabel B- 93). Aan de hand van de Chi –kwadraat toets blijkt dat de transporttijd naar de bouwplaats daadwerkelijk normaal verdeeld is.

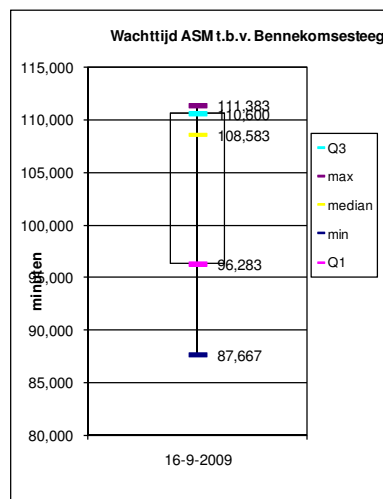
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	40,33	2	2,053	0,001
2	41,74	2	2,005	0,000
3	43,15	2	1,738	0,039
4	44,57	1	0,887	0,014
				$X^2 = 0,055$

Tabel B- 92: Chi kwadraat -toets transporttijd naar bouwplaats t.b.v. Bennekomsesteeg

A	x ²	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

Tabel B- 93: Kritieke waarden voor x² voor transporttijd naar bouwplaats t.b.v. Bennekomsesteeg

D-4.4 Wachtijd vrachtwagens bij asfaltspreidmachine

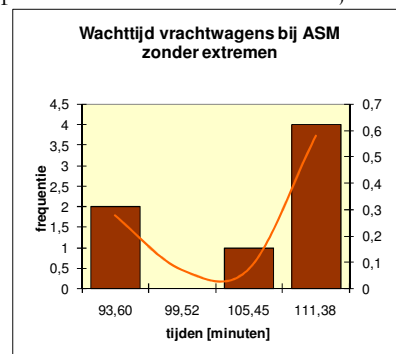


Grafiek B- 96: Boxplot wachtijd vrachtwagens ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

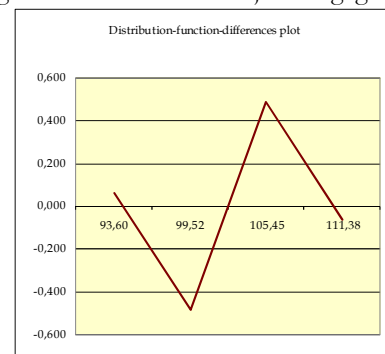
	Zonder extremen
gemiddelde	103,057 min.
mediaan	108,583 min.
mediaan / gemiddelde	1,054
aantal observaties	7,000
min.	87,667 min.
max.	111,383 min.
standaard afwijking	9,716 min.
kurtosis	-1,237
scheefheid	-0,794

Tabel B- 94: Algemene gegevens wachtijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 96 is de boxplot weergegeven van de wachtijd van de vrachtwagens bij de asfaltspreidmachine. In Tabel B- 94. zijn de algemene gegevens m.b.t. de wachtijd weergegeven.



Grafiek B- 97: Histogram wachtijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 98: Distribution -function differences plot wachtijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 97 is het histogram in combinatie met een Scaled Beta distributie weer gegeven, vervolgens zijn de verschillen tussen de theoretische verdeling en de observaties weergegeven in Grafiek B- 98. Aan de hand van deze grafieken lijkt het erop dat de wachtijden van de vrachtwagens verdeeld zijn volgens een Scaled Beta distributie.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets wordt bevestigd dat de wachttijd bij de asfaltspreid-machine daadwerkelijk volgens een Scaled Beta verdeling met α van 0,2320, β van 0,1255, a van 87,6667 min. en een b van 111,3833 min. verdeeld is (zie Tabel B- 95 en Tabel B- 96).

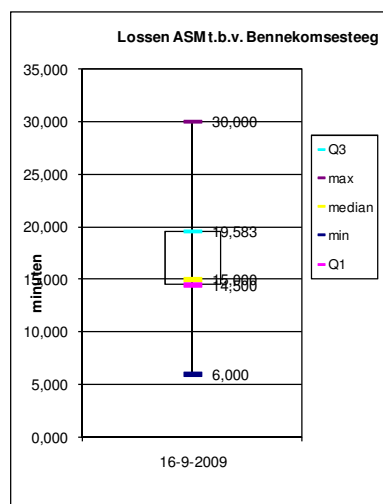
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	93,596	2	1,939	0,002
2	99,525	0	0,485	0,485
3	105,454	1	0,514	0,460
4	111,383	4	4,062	0,001
				$X^2 = 0,948$

Tabel B- 95: Chi kwadraat -toets wachttijd ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

α	x^2	
0,05	7,815	Accept
0,01	11,345	Accept
0,001	16,266	Accept

Tabel B- 96: Kritieke waarden voor x^2 voor de wachttijd ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

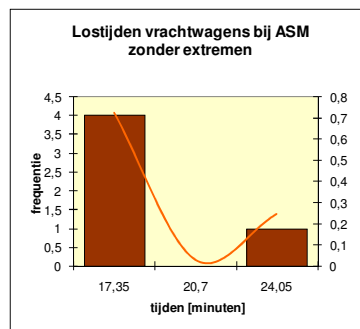
D-4.5 Lossen asfaltspreidmachine



Grafiek B- 99: Boxplot lostijd vrachtwagens ASM

In Grafiek B- 99 is de boxplot weergegeven, hieruit valt op te maken dat de lostijden vooral tussen Q1 en de mediaan liggen. Dit is ook terug te zien in de scheefheid bij de algemene gegevens van de lostijden (zie Tabel B- 97).

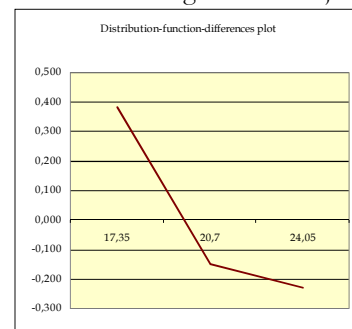
In Grafiek B- 100 is het histogram i.c.m. Scaled Beta verdeling weergegeven, hier wordt het beeld dat verkregen is aan de hand van de algemene gegevens en de boxplot bevestigd. Grafiek B- 101 is een grafische weergave van het verschil tussen de theoretische verdeling en de observaties, hierin is af te lezen dat de verschillen met een Scaled Beta verdeling minimaal zijn.



Grafiek B- 100: Histogram lostijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

	Zonder extre- men
gemiddelde	16,633 min.
mediaan	15,000 min.
mediaan / gemid- delde	0,902
aantal observaties	5,000
min.	14,000 min.
max.	24,050 min.
standaard afwijking	4,171 min.
kurtosis	4,780
scheefheid	2,168

Tabel B- 97: Algemene gegevens lostijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 101: Distribution -function differences plot lostijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

Aan de hand van de Chi -kwadraat toets blijkt dat de lostijden van de vrachtwagen daadwerkelijk volgens een Scaled Beta ($\alpha = 0,0322$, $\beta = 0,0906$, $a = 14,0000$ min. en $b = 24,0500$ min.) verdeeld zijn (zie Tabel B- 98 en Tabel B- 99)

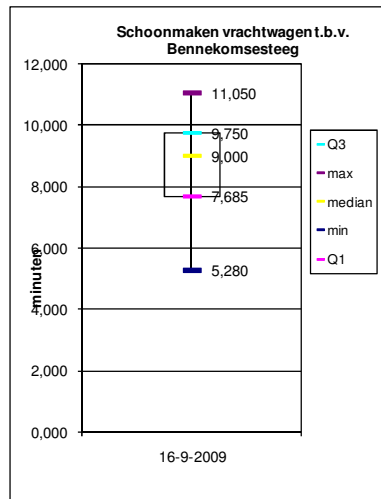
k	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	17,35	4	3,618	0,040
2	20,7	0	0,151	0,151
3	24,05	1	1,230	0,043
				$X^2 = 0,235$

Tabel B- 98: Chi kwadraat -toets lostijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

α	x^2	
0,05	5,991	Accept
0,01	9,210	Accept
0,001	13,816	Accept

Tabel B- 99: Kritieke waarden voor x^2 voor de lostijd bij ASM t.b.v. Bennekomsesteeg

D-4.6 Schoonmaken van de vrachtwagen



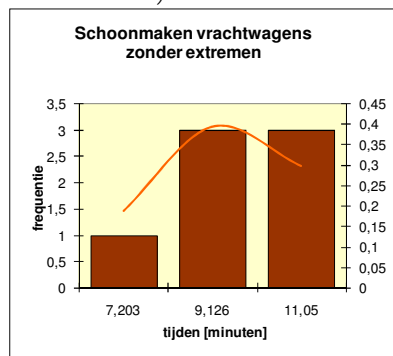
Grafiek B- 102: Boxplot schoonmaken vrachtwagen t.b.v. Bennekomsesteeg

	Zonder extremen
gemiddelde	8,600 min.
mediaan	9,000 min.
mediaan / gemiddelde	1,047
aantal observaties	7,000
min.	5,280 min.
max.	11,050 min.
standaard afwijking	1,907 min.
kurtosis	0,399
scheefheid	-0,687

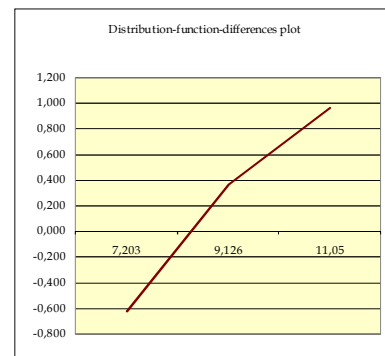
Tabel B- 100: Algemene gegevens schoonmaken van de vrachtwagen t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 102 is de boxplot weergegeven van de tijd die vrachtwagenchauffeurs besteed hebben aan het schoonmaken van de vrachtwagens na het lossen bij de Bennekomsesteeg. De schoonmaaktijden liggen redelijk dicht bij elkaar, dit heeft als gevolg dat alle gegevens meegenomen kunnen worden binnen de statistische analyse (zie Tabel B- 100).

Aan de hand van het histogram is bepaald dat de schoonmaaktijden Normaal verdeeld zijn (zie Grafiek B- 103), vervolgens is er een distribution -function differences plot opgesteld om visueel te onderzoeken hoe groot de verschillen zijn tussen de observaties en de theoretische verdeling (zie Grafiek B- 104).



Grafiek B- 103: Histogram schoonmaken vrachtwagen t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 104: Distribution -function differences plot schoonmaken vrachtwagen Bennekomsesteeg

Aan de hand van de Chi -kwadraat toets is gecontroleerd of de schoonmaaktijd daadwerkelijk normaal ($\mu = 8,6000$ min. en $\sigma = 1,9073$ min.) verdeeld is. Aan de hand van deze toets kan geconcludeerd worden dat de Schoonmaaktijden daadwerkelijk normaal verdeeld zijn (zie Tabel B-101 en Tabel B-102).

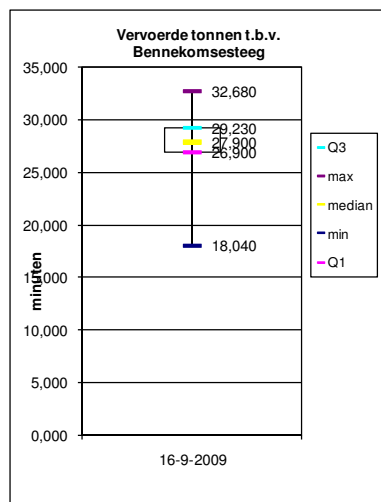
k	x	N_j	np_j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	7,203	1	1,624	0,240
2	9,126	3	2,637	0,050
3	11,05	3	2,043	0,448
				$X^2 = 0,738$

Tabel B- 101: Chi kwadraat -toets schoonmaken vrachtwagen t.b.v. Bennekomssesteeg

α	x^2	
0,05	5,991	Accept
0,01	9,210	Accept
0,001	13,816	Accept

Tabel B- 102: Kritieke waarden voor x^2 voor de schoonmaken vrachtwagen t.b.v. Bennekomssesteeg

D-4.7 Vervoerde tonnen asfalt

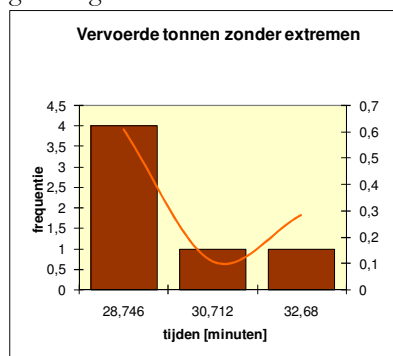


Grafiek B- 105: Boxplot vervoerde tonnen t.b.v. Bennekomssesteeg

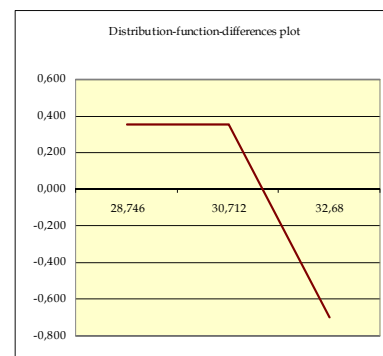
	Zonder extremen
gemiddelde	28,807 ton
mediaan	27,900 ton
mediaan / gemiddelde	0,969
aantal observaties	6,000
min.	26,780 ton
max.	32,680 ton
standaard afwijking	2,325 ton
kurtosis	0,053
scheefheid	1,146

Tabel B- 103: Algemene gegevens vervoerde tonnen t.b.v. Bennekomssesteeg

In Grafiek B- 105 is de boxplot van de vervoerde tonnen asfalt weergegeven. De vervoerde hoeveelheden liggen dicht bij elkaar, dit is niet zo heel verwonderlijk aangezien men altijd de vrachtwagen zo vol mogelijk probeert te laden. Een uitzondering hierbij is het minimum, dit komt doordat dit de slotvracht is en het dus niet per definitie een volle vracht hoeft te zijn. Zoals in Tabel B- 103 is weergegeven is de slotvracht aan de hand van de interkwartielafstand uit de gegevens gefilterd.



Grafiek B- 106: Histogram vervoerde tonnen asfalt t.b.v. Bennekomssesteeg



Grafiek B- 107: Distribution -function differences plot vervoerde tonnen asfalt t.b.v. Bennekomssesteeg

In Grafiek B- 106 is het histogram in combinatie met een Scaled Beta verdeling weergegeven, uit de grafiek valt op te maken dat deze distributie redelijk goed bij de gegevens past. Aan de hand van de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 107) is te zien dat de verschillen tussen de theoretische verdeling en de observaties acceptabel zijn.

Aan de hand van de Chi -kwadraat toets is bevestigd dat het aantal vervoerde tonnen volgens een Scaled Beta ($\alpha = 0,1555$, $\beta = 0,2971$, $a = 26,7800$ ton en een $b = 32,6800$ ton) distributie verdeeld is (zie Tabel B- 104 en Tabel B- 105).

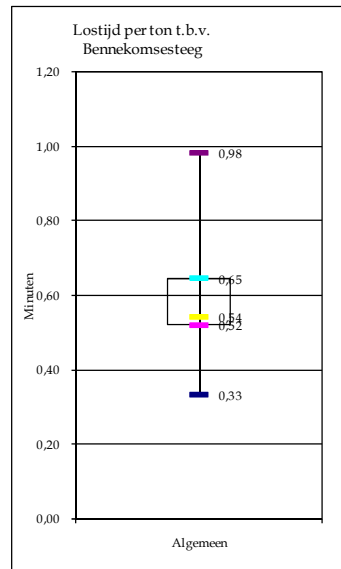
k	x	N _i	np _j	$(N_i - np_j)^2 / np_j$
1	28,746	4	3,649	0,034
2	30,712	1	0,651	0,187
3	32,68	1	1,700	0,288
				$X^2 = 0,509$

Tabel B- 104: Chi kwadraat –toets vervoerde tonnen t.b.v. Bennekomsesteeg

α	x^2	
0,05	5,991	Accept
0,01	9,210	Accept
0,001	13,816	Accept

Tabel B- 105: Kritieke waarden voor x^2 voor de vervoerde tonnen asfalt t.b.v. Bennekomsesteeg

D-4.8 Lostijd per ton asfalt

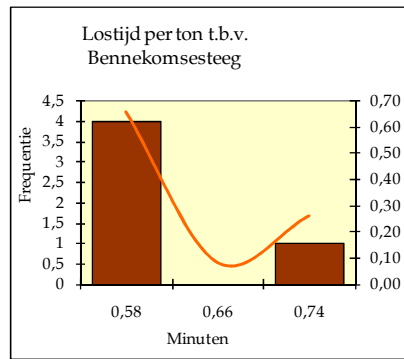


Grafiek B- 108: Boxplot lostijd per ton t.b.v. Bennekomsesteeg

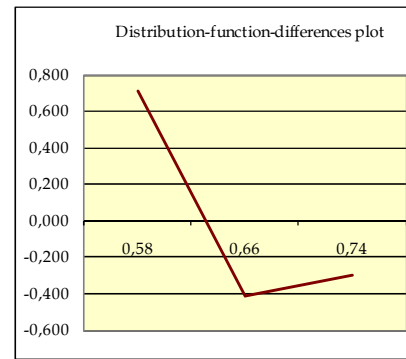
	Zonder extremen
gemiddelde	0,575 min.
mediaan	0,542 min.
mediaan / gemiddelde	0,942
aantal observaties	5,000
min.	0,504 min.
max.	0,736 min.
standaard afwijking	0,092 min.
kurtosis	4,246
scheefheid	1,994

Tabel B- 106: Algemene gegevens lostijd per ton t.b.v. Bennekomsesteeg

In Grafiek B- 108 zijn de boxplots weergegeven betreffende de lostijd per ton asfalt door de vrachtwagens. In Tabel B- 106 is een overzicht te vinden waarbij de extremen uit de boxplot eruit gefilterd zijn.



Grafiek B- 109: Histogram lostijd per ton t.b.v. Bennekomsesteeg



Grafiek B- 110: Distribution -function differences plot lostijd per ton Bennekomsesteeg

Op basis van het histogram (zie Grafiek B- 109) en de distribution -function differences plot (zie Grafiek B- 110) lijkt het erop dat de data volgens een Scaled Beta distributie verdeeld is.

Aan de hand van een Chi -kwadraat toets is getoetst of de lostijd per ton asfalt daadwerkelijk volgens een Scaled Beta met een α van 0,1072, β van 0,2433, a van 0,5040 min. en een b van 0,7359 min. (zie Tabel B- 107 en Tabel B- 108).

K	x	N _j	np _j	$\frac{(N_j - np_j)^2}{np_j}$
1	0,58	4	3,284	0,156
2	0,66	0	0,414	0,414
3	0,74	1	1,301	0,070
				X ² = 0,64

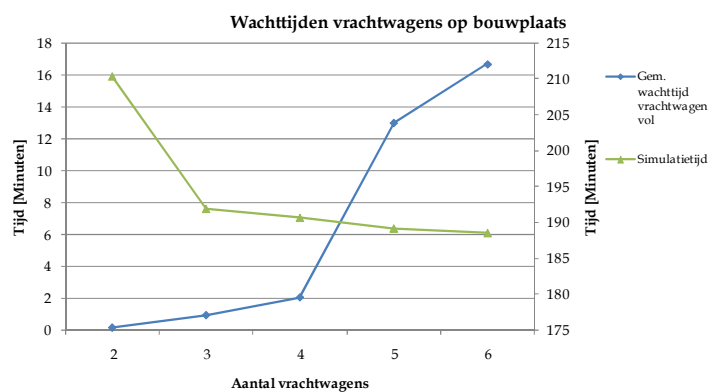
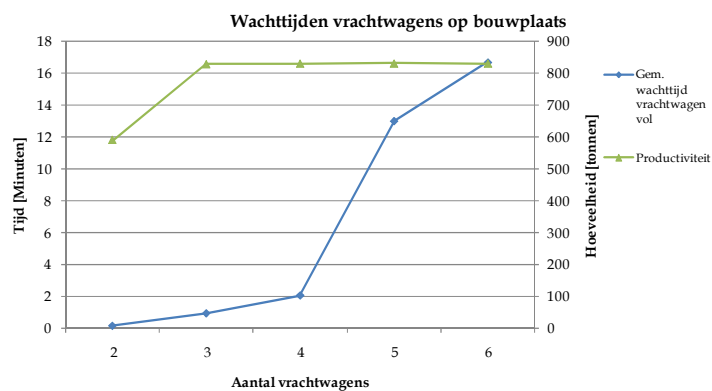
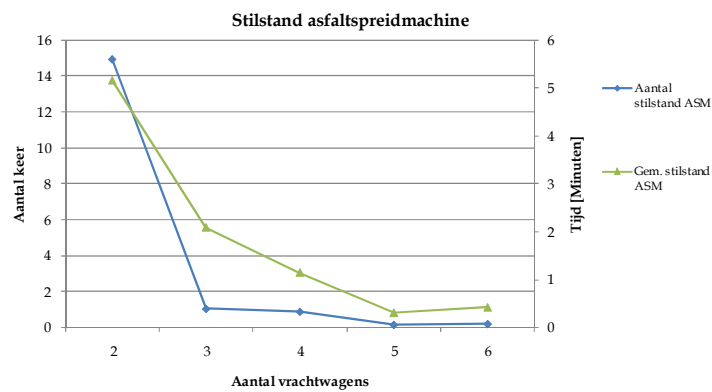
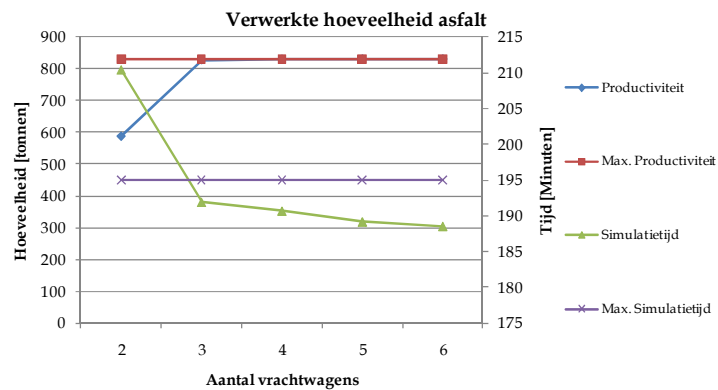
Tabel B- 107: Chi kwadraat -toets lostijd per ton t.b.v. Bennekomsesteeg

α	X ²	
0,05	5,991	Accept
0,01	9,210	Accept
0,001	13,816	Accept

Tabel B- 108: Kritieke waarden voor x² voor lostijd per ton Bennekomsesteeg

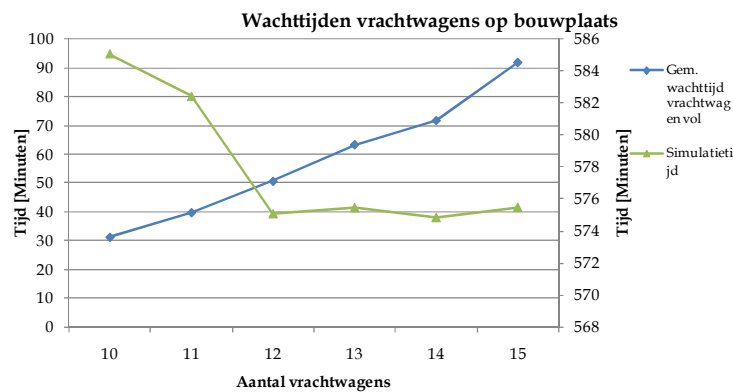
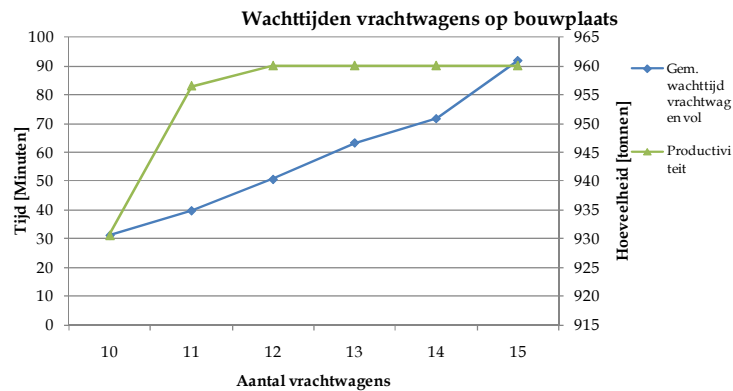
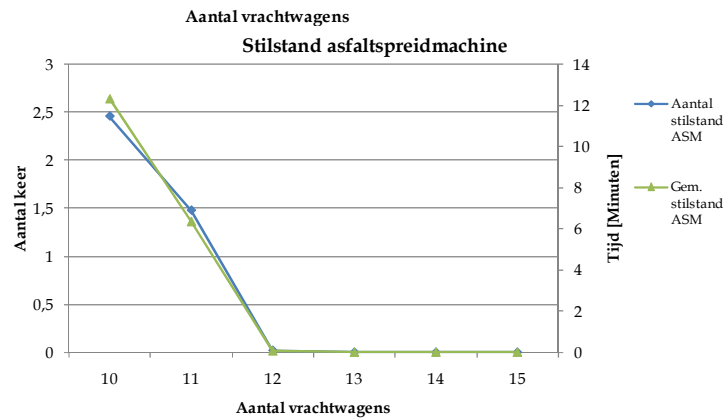
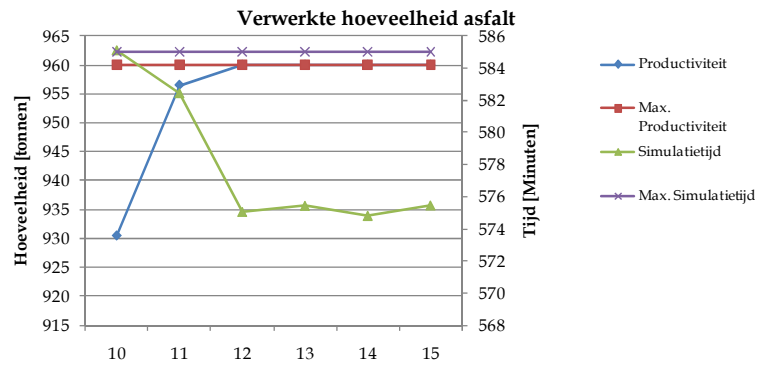
Bijlage E Simulatieresultaten

E-1 Aziëhavenweg

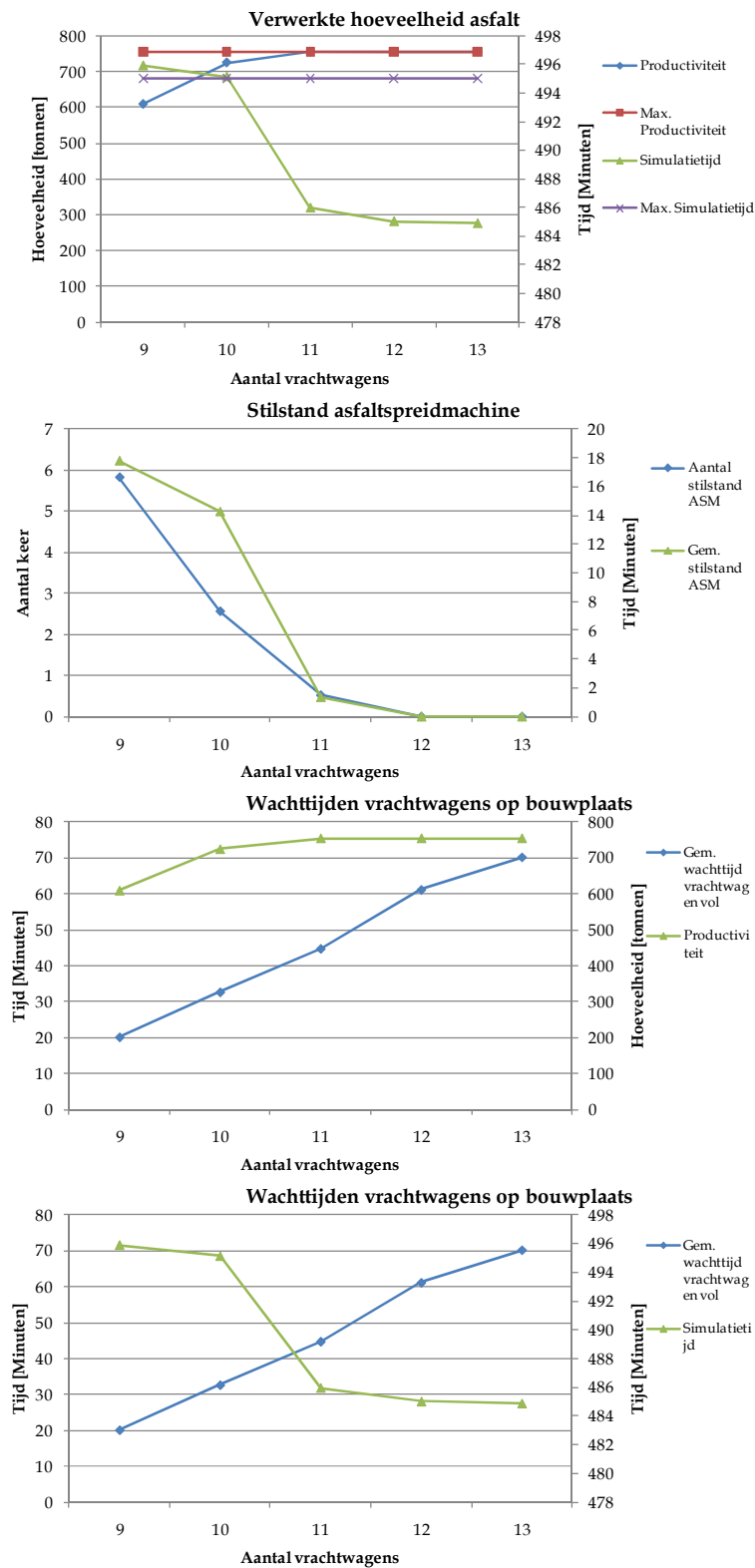


E-2 A6 afslag 11 Lelystad –noord

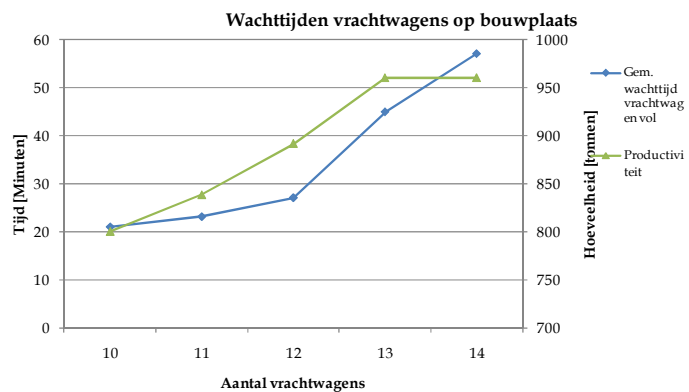
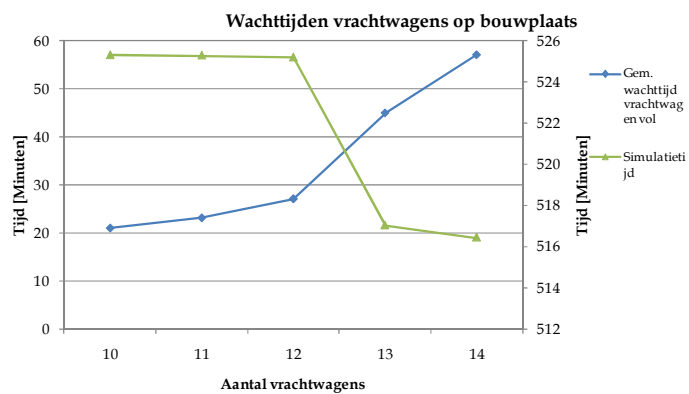
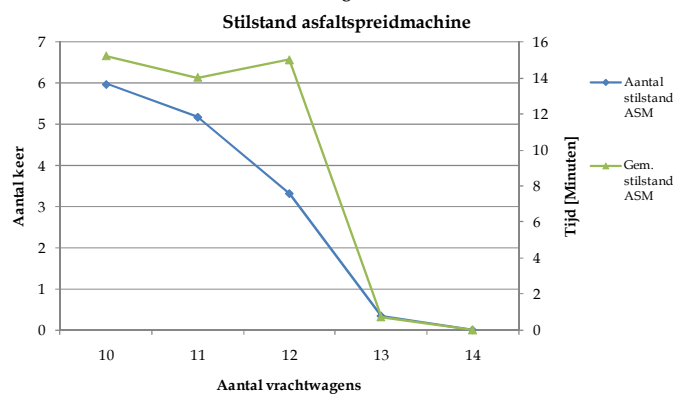
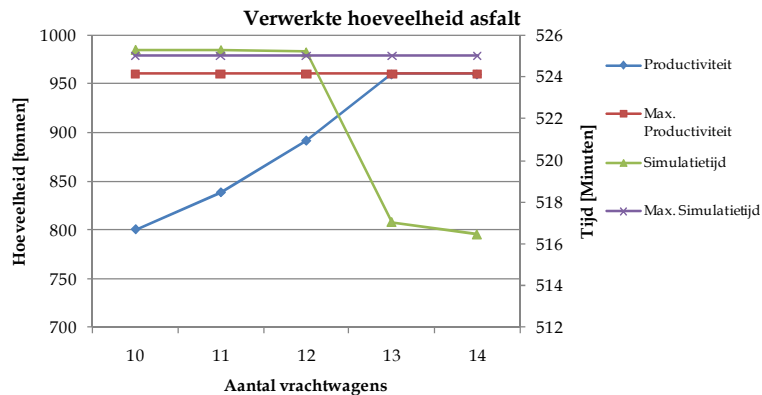
E-2.1 Werkelijk uitgevoerde werkzaamheden dag 1



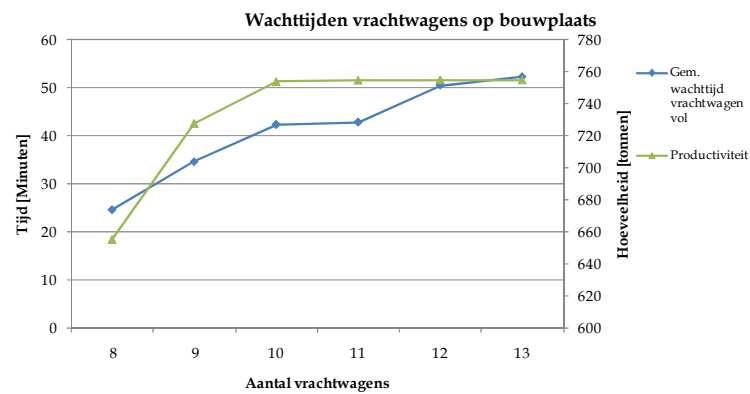
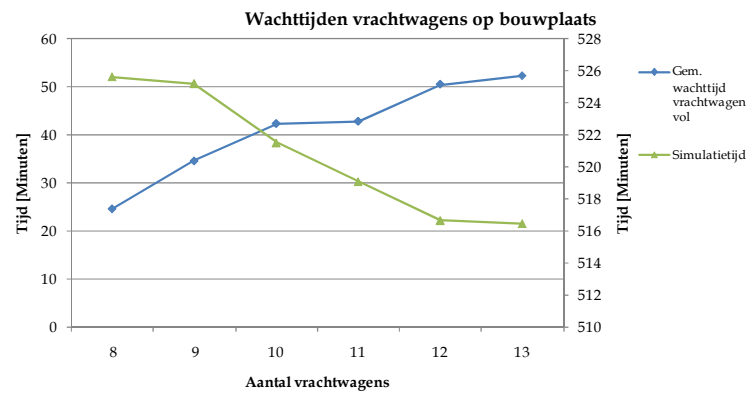
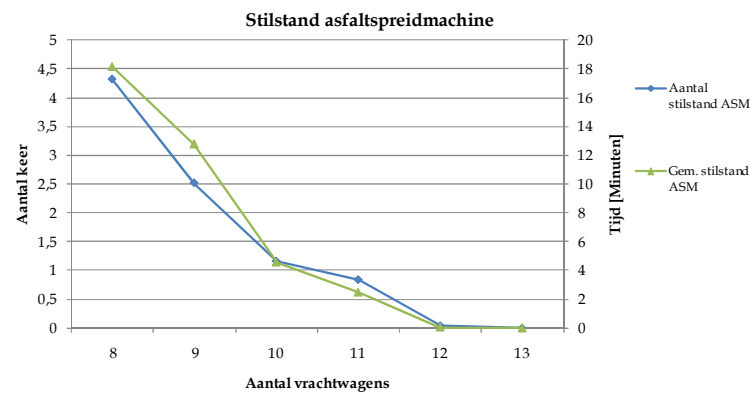
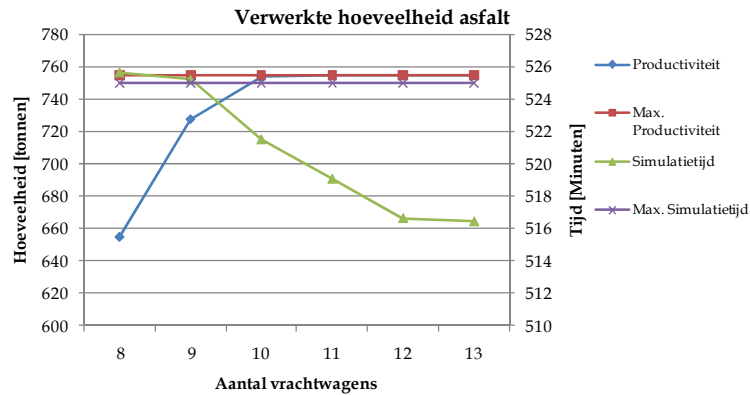
E-2.2 Werkelijk uitgevoerde werkzaamheden dag 2



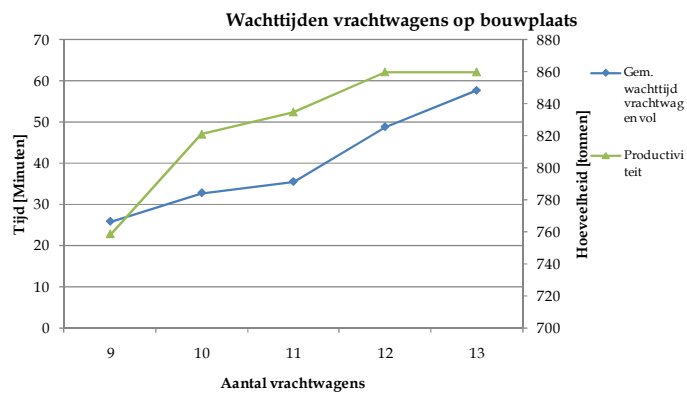
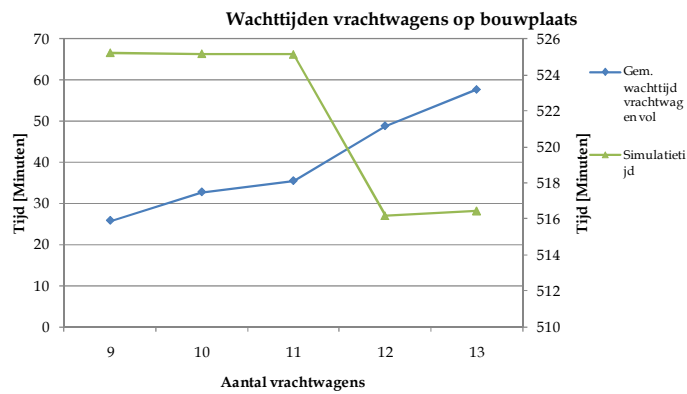
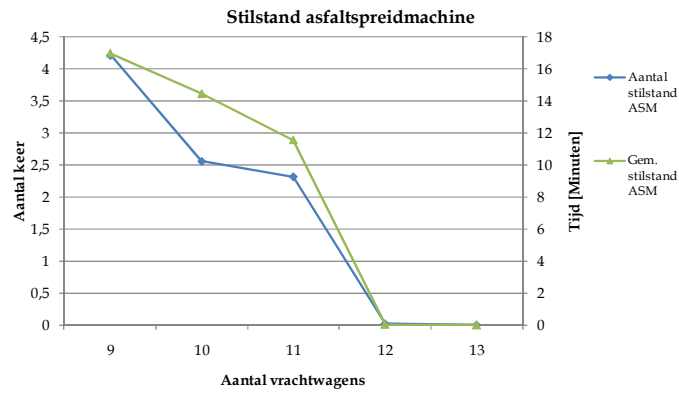
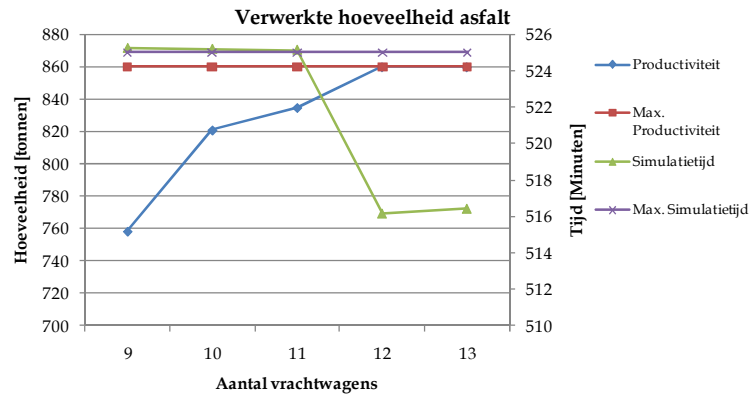
E-2.3 Optimalisatie dag 1



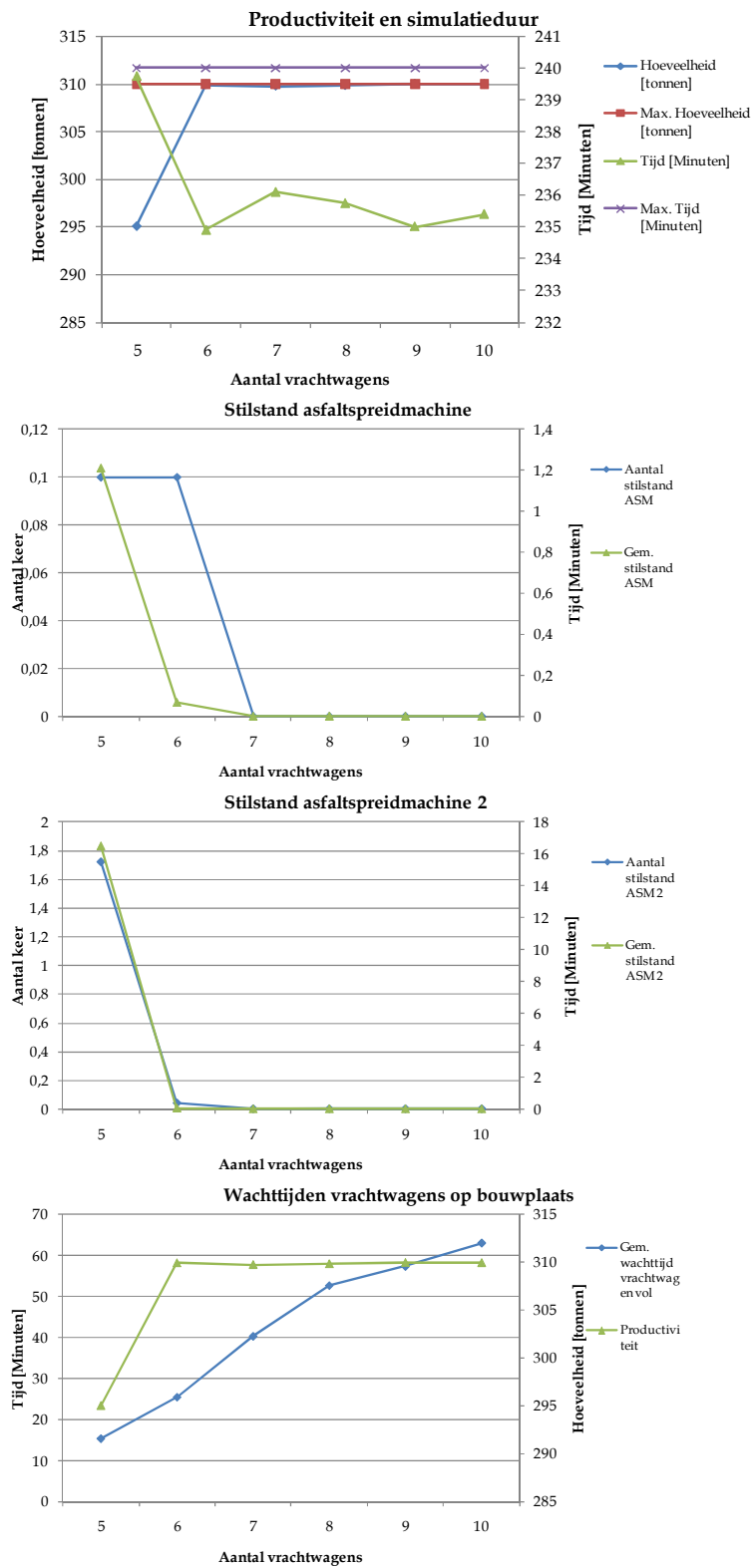
E-2.4 Optimalisatie dag 2

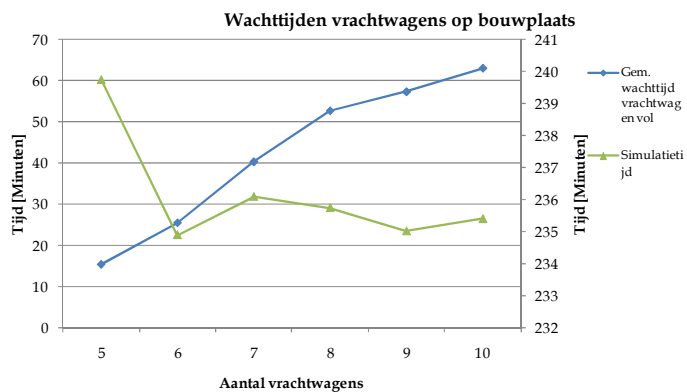


E-2.5 Optimalisatie identieke dagen

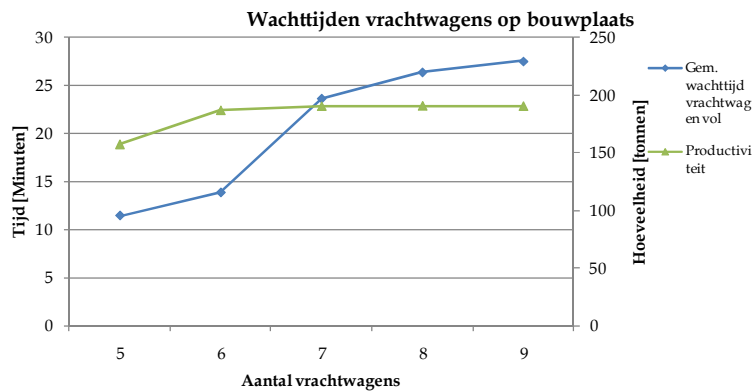
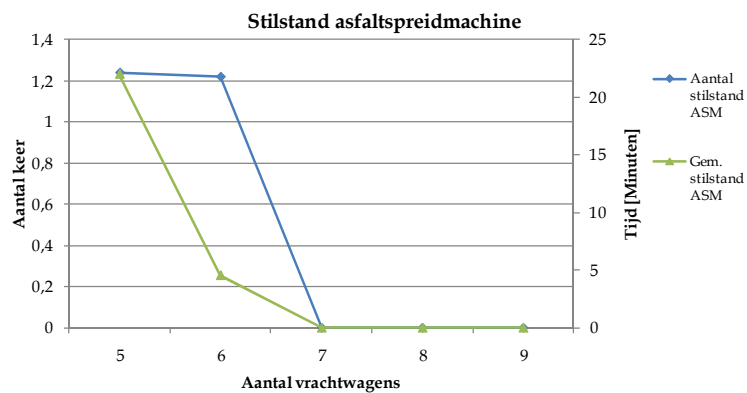
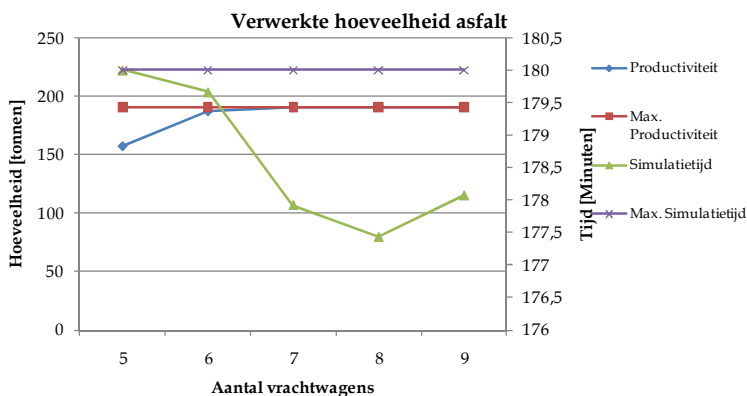


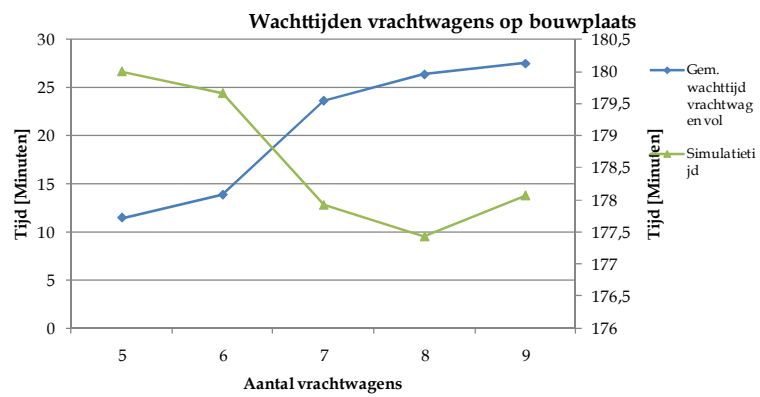
E-3 A10 ring Oost



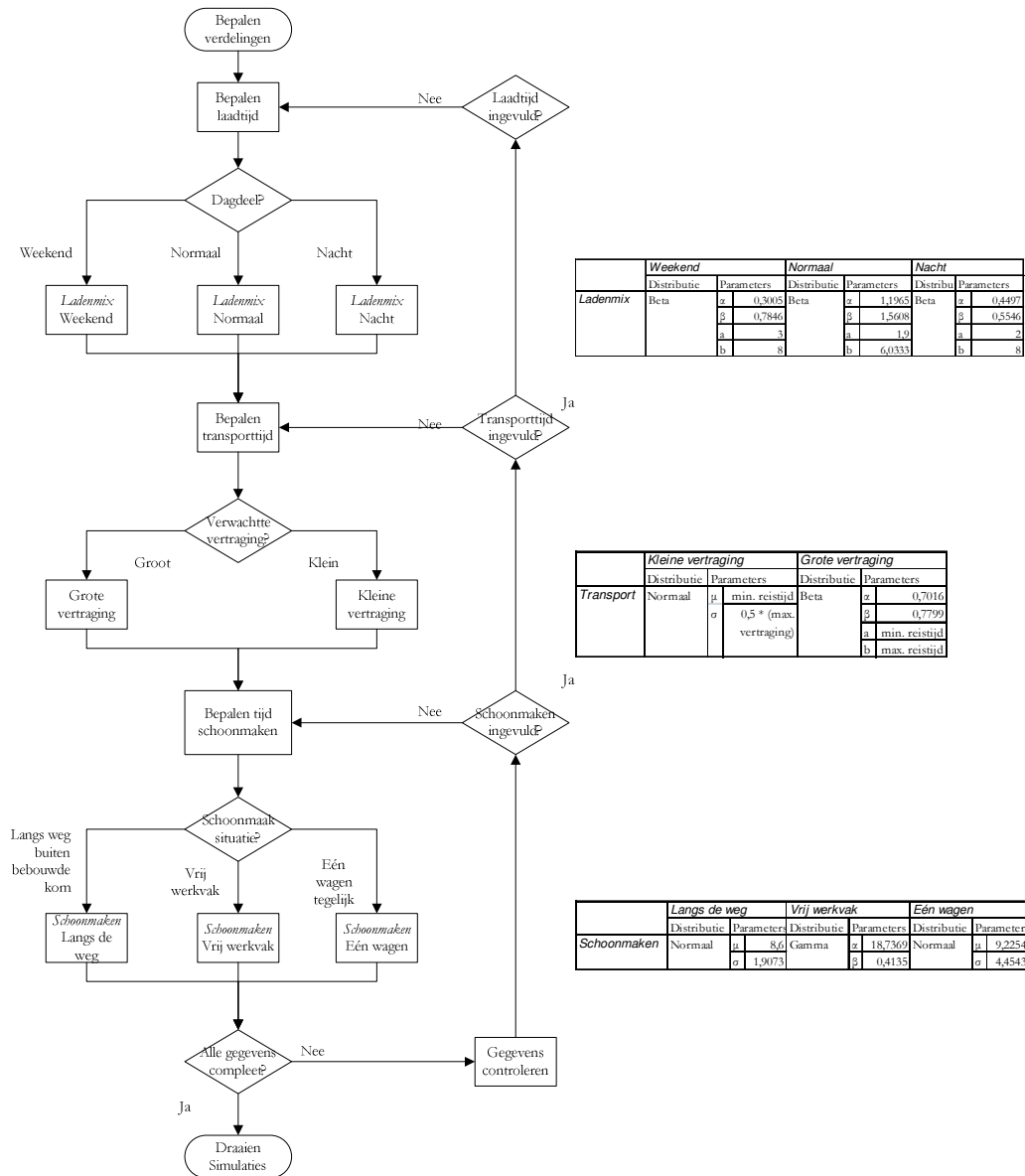


E-4 Bennekomsesteeg Wageningen





Bijlage F Algemeen Statistiek Flowchart

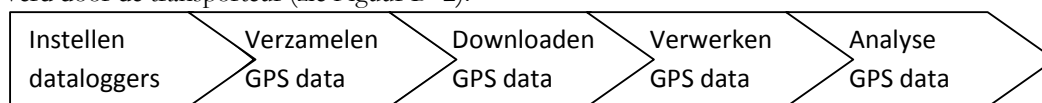


Bijlage G Verzameling en verwerking GPS –data

Binnen dit onderzoek is er bij vier verschillende asfaltproject data verzameld, hierbij is er tweemaal (Aziëhavenweg en Bennekomsesteeg) gebruik gemaakt van GPS dataloggers ontwikkeld voor de Universiteit Twente **misschien een foto** en bij de overige twee projecten (A6 en A10) is er gebruik gemaakt van GPS –data van de transporteur.

De dataloggers van de Universiteit Twente slaan de locatiegegevens in NMEA-0183 (National Marine Electronics Association) formaat op in een intern geheugen. Deze worden binnen dit onderzoek uitgelezen met behulp van SiRFDemo –software.

Het verzamelen en verwerken van de GPS –data met behulp van de dataloggers van de Universiteit Twente is arbeidsintensiever (zie Figuur B- 1) dan gebruik maken van GPS –data aangeleverd door de transporteur (zie Figuur B- 2).



Figuur B- 1: Procedure dataverzameling losse dataloggers



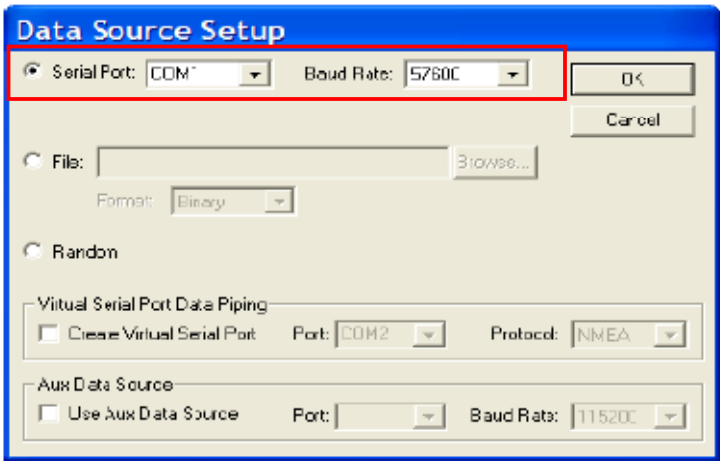
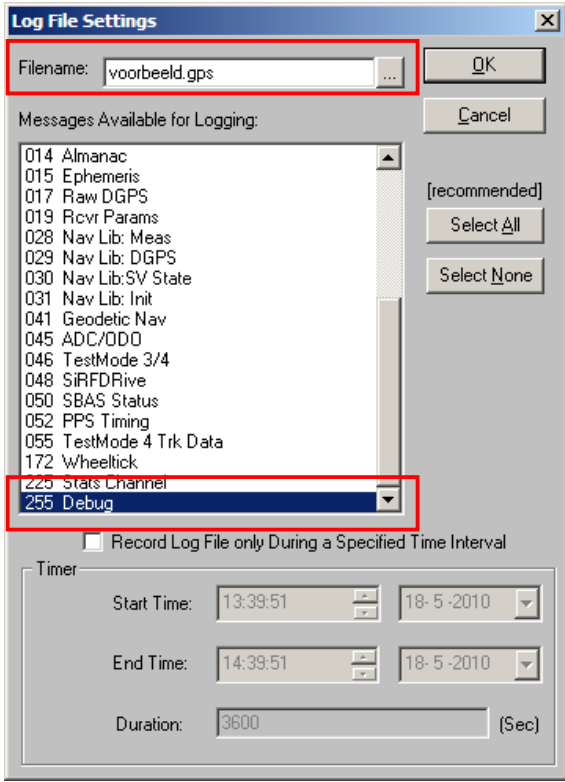
Figuur B- 2: Procedure dataverzameling met data transporteur

In het vervolg van deze paragraaf zal beschreven worden hoe de data verzameld is gedurende dit onderzoek en hoe de verwerking van deze data in zijn werk is gegaan. Hierbij zal elke stap uit de bovenstaande figuren behandeld worden.

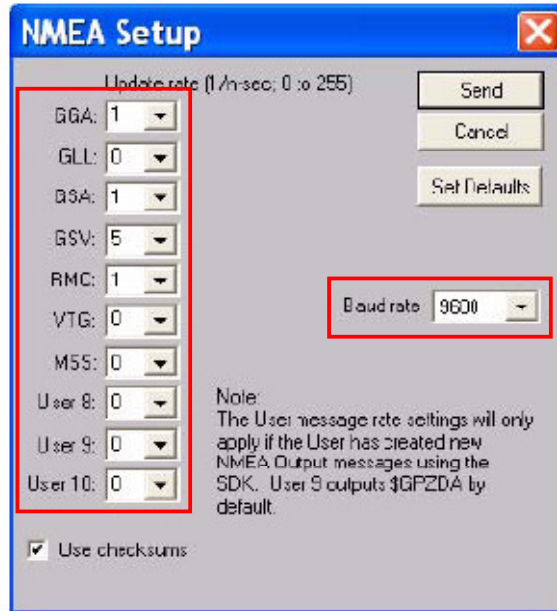
G-1 Instellen dataloggers

Als er gebruik gemaakt wordt van de losse dataloggers is het noodzakelijk om deze op de juiste manier in te stellen alvorens deze bruikbaar zijn voor het monitoren van de vrachtwagen bewegingen. De volgende 7 stappen dienen gevolgd te worden om de GPS –dataloggers correct in te stellen, hierbij wordt er uitgegaan dat er gebruik gemaakt wordt van de GPS –dataloggers van de Universiteit Twente.

Stap	
1	Start het programma SiRFDemo op en verbindt de datalogger met een computer (deze dient verbonden te worden aan een seriele poort of d.m.v. een kabel usb -> serieel)
2	Na het opstarten van de software is het noodzakelijk om het programma verbinding te laten maken met de datalogger. Dit dient te gebeuren in het data source setup scherm (zie Figuur B- 3) dat verschijnt na het opstarten van het programma (of valt te bereiken via het menu: setup -> data source). In dit scherm dient de juiste Seriele poort gekozen te worden en de juiste Baud Rate, dit is afhankelijk van de instellingen van de computer die gebruikt wordt. In de meeste gevallen is dit echter com1 of com6 met Baud Rate 57600.

	 Figuur B- 3: "Data source setup" –scherm
3	Vervolgens dient er verbinding gemaakt te worden met de datalogger, hiervoor moet er op de connect/disconnect button gedrukt te worden in de werkbalk (het verbinden is ook mogelijk via het menu: Action -> Open Data Source
4	Via het menu: Action -> Open Log File... of de  knop dient er een logfile aangemaakt te worden (zie Figuur B- 4). In dit scherm kan de naam en locatie van het logbestand ingesteld worden. Daarnaast dient 255 <i>Debug</i> geselecteerd te worden.  Figuur B- 4: "Log File Settings" –scherm
5	De volgende stap is om om te schakelen naar het NMEA –protocol, dit is noodzakelijk omdat het programma standaard volgens het SiRF binary -protocol werkt en voor dit onderzoek het NMEA –protocol beter geschikt is. Dit dient te gebeuren via het menu: Action -> Switch to NMEA protocol... In het scherm dat dan volgt kan ingesteld worden welke Baud Rate gebruikt dient te

worden (afhankelijk van de computer / loggers die gebruikt worden, vaak is dit 57600). Daarnaast kan ook ingesteld worden hoe vaak en welke NMEA berichten weergegeven dienen te worden, hierbij is alleen de eerste (GGA) van belang en dient op een interval van 30 seconden gezet te worden. Er wordt dan per 30 seconden weergegeven wat de locatie, tijd en GPS fix weergegeven. Het is mogelijk om deze frequentie te verhogen of te verlagen, maar in het kader van dit onderzoek is dit niet zinvol.

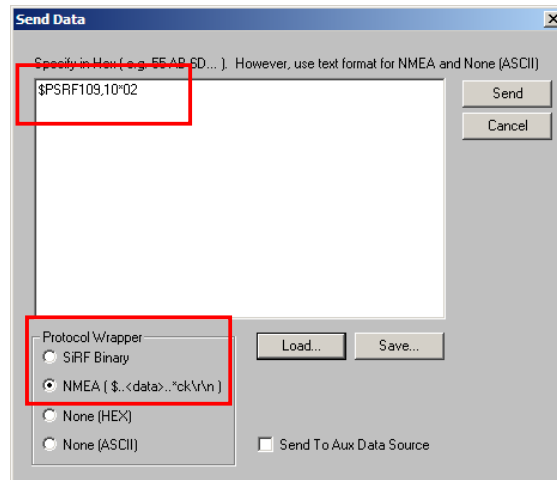


Figuur B- 5: "NMEA setup" –scherm

- 6 Vervolgens dient het Send Data scherm geopend te worden, dit is te bereiken via het menu: Action -> Transmit Serial Message... Via dit scherm is het mogelijk om commando's te versturen naar de GPS –datalogger (zie Figuur B- 6). De eerste stap is het legen van de logfile van de datalogger. Dit is mogelijk met het volgende commando:

\$PSRF109,10*02

Vervolgens dient er bij Protocol Wrapper voor NMEA gekozen te worden en kan er vervolgens door op Send te klikken het commando naar de GPS datalogger verstuurd worden.



Figuur B- 6: "Send Data" –scherm

7	De volgende stap is het versturen van een commando dat de datalogger elke halve minuut laat loggen (met als voorwaarde dat er minimaal 4 satellieten beschikbaar zijn), dit dient volgens dezelfde methode te gebeuren als in stap 6, echter dient nu het volgende commando verstuurd te worden:
	<code>\$PSRF109,11,4,0,30,0,0,0,0*28</code>

G-2 Verzamelen GPS -data

Gedurende de daadwerkelijke uitvoering van de werkzaamheden dient enkel ervoor gezorgd te worden dat de GPS –dataloggers in de vrachtwagens staan voordat de eerste keer geladen wordt (dus bij aankomst op de asfaltcentrale). Hierbij dient de GPS –datalogger zo gepositioneerd te worden dat het signaal zo min mogelijk verstoord wordt, dus bij voorkeur op het dashboard van de vrachtwagen.

Aan het einde van de werkdag dient na het schoonmaken van de vrachtwagen na de laatste rit de GPS datalogger weer opgehaald te worden, het vervolgens mogelijk om de accu van de datalogger los te halen er zal dan geen data verloren gaan.

G-3 Downloaden GPS -data

Na het verzamelen van de GPS –data is het mogelijk om de data vanaf de dataloggers op een PC te downloaden. Hierbij dient er ook weer gebruik gemaakt te worden van het programma SiRFDemo. Er dient verbinding gemaakt te worden met de dataloggers volgens de procedure beschreven in stap 1 t/m 5 in paragraaf G-1. Vervolgens dient er op dezelfde manier als in stap 6 in paragraaf G-1 een commando verstuurd te worden naar de datalogger, echter nu het volgende commando:

`$PSRF109,0,0,0*33`

Dit commando zorgt ervoor dat de datalogger de opgeslagen GPS –gegevens naar de computer verstuurd, de software zorgt er vervolgens voor dat deze data opgeslagen wordt.

G-4 Verwerken GPS –data

Na het verzamelen van de GPS –data (ongeacht of deze data afkomstig is van de transporteur of dat deze zelf verzameld is), is het noodzakelijk de data te verwerken. Onder het verwerken wordt in dit kader verstaan het geschikt maken van de GPS –data (in dit geval NMEA –data) voor analyse.

Binnen de analyse wordt er gebruik gemaakt van Google Earth voor het visualiseren van de verplaatsing van de vrachtwagens, Google Earth (GE) maakt gebruik van KML –files voor de opmaak van de GPS –gegevens. Alvorens de data bruikbaar gemaakt kan worden voor GE is het van belang dat duidelijk is hoe de NMEA data opgebouwd is.

G-4.1 NMEA data

De logfile verkregen na het downloaden m.b.v. SiRF kan geopend worden met het kladblok. De gegevens die verkregen zijn vanuit de datalogger beginnen met de volgende regel:

`$GPLOG,1,113335.000,150909*52`

Hierbij staat de 113335 voor de begintijd van 11:33:35 en de 150909 voor de begindatum 15-09-2009 van de data. De data eindigt met de volgende regel (hierbij geldt hetzelfde als bij \$GPLOG,1 echter nu voor de eindtijd):

`$GPLOG,0,144420.000,160909*51`

Tussen deze twee regels staan GPS –data die benodigd zijn voor de analyse van de bewegingen van de vrachtwagens, hierbij zijn enkel de regels die beginnen met \$GPGGA van belang. Deze regels zien er, afhankelijk van de tijd en locatie, als volgt uit (verklaring zie Tabel B- 109):

`$GPGGA,142139.000,5159.7345,N,00538.5158,E,1,04,1.0,53.0,M,, , ,0000*3A`

Voorbeeld	Format	Omschrijving
\$GPGGA	\$GPGGA	Begin van de regel
142139.000	hhmmss.ss	UTC Tijd
5159.7345	ddmm.mmmm	Breedtegraad
N	N = Noord S = Zuid	N/Z indicator
00538.5158	dddmm.mmmm	Lengtegraad
E	E = Oost W = West	O/W indicator
1	0 = ongeldig 1 = GPS fix 2 = DGPS fix	GPS Fix kwaliteit
04	Tussen 0 en 12	Aantal gebruikte satellieten
1.0		HDOP (Horizontal Dilution Of Precision) = de relatieve nauwkeurigheid in horizontale richting
53.0	Meters	Hoogte t.o.v. geoïde
M	Meters	Eenheid van de hoogte maat
0000	0000 – 1023	Differential Reference Station ID
*3A		Controlecijfer (Checksum)

Tabel B- 109: GPGGA data format (SiRF, 2005)

G-4.2 Importeren van de data

In de logfile staan nu nog enkel ruwe GPS –data, deze data dient nog geschikt gemaakt te worden voor analyse. De analyse is in dit onderzoek op basis van de coördinaten en visueel uitgevoerd. Alvorens dit uitgevoerd kan worden is het noodzakelijk dat de data hiervoor bewerkt wordt.

De eerste stap om de gegevens te kunnen bewerken is de data te importeren in een Excel spreadsheet. Gezien het data format wat hier eerder is besproken, dient de data gescheiden te worden op basis van een komma. Tijdens de volgende stap van het importeren van de data is het van belang dat er aangegeven wordt wel teken er gebruikt wordt voor decimalen (punt) en duizendtallen (komma) onder de knop geavanceerd van de wizard. In deze zelfde stap kan ook voor elke kolom aangegeven worden wat het gegevenstype is, voor elk kolom is standaard voldoende behalve de kolom van de tijd.

G-4.3 Bewerken van de data

Nu de gegevens geïmporteerd zijn in de spreadsheet is het nodig om deze data zo te bewerken dat deze bruikbaar is voor analyse, dit houdt in dat de coördinaten en de tijd zodanig bewerkt dienen te worden dat deze geschikt is voor weergave in Google Earth en analyse op basis van de coördinaten (relevante locatie / activiteit bepalen).

Bewerken tijd

De tijd dient bewerkt te worden om zo het tijdsinterval te kunnen berekenen, dit is uiteindelijk nodig voor de analyse van de vrachtwagen bewegingen. In principe zou dit op basis van de instellingen 30 seconden moeten zijn, echter het is mogelijk dat de interval groter wordt doordat de data tijdens het downloaden onbruikbaar wordt of dat de GPS ontvanger tijdelijk geen ontvangst heeft.

Zoals aangegeven is in Tabel B- 109 is de tijd weergegeven in *hhmmss.ss* –formaat, dit dient eerst omgezet te worden naar *hh:mm:ss* –formaat, dit wordt uitgevoerd m.b.v. de volgende Excel formule (waarbij B5, de oorspronkelijke NMEA –tijd is):

=TIJD(DEEL(B5;1;2)+2;DEEL(B5;3;2);DEEL(B5;5;2))

Bewerken coördinaten

De coördinaten dienen bewerkt te worden naar het formaat dat gehanteerd wordt in de KML bestanden binnen Google Earth, hierbij dienen de coördinaten te worden weergegeven in decimale graden. De NMEA latitude kan omgerekend worden met de volgende Excel formule (vanuit gaande dat C2 de NMEA latitude) is:

```
=AFRONDEN(TEKST.SAMENVOEGEN(DEEL(C2;1;2);",";DEEL(DEEL(C2;3;7)/60;VIND.SPEC(",";DEEL(C2;3;7)/60)+1;6));8)
```

De longitude dient omgerekend te worden met de volgende formule (waarbij E2 die NMEA longitude is):

```
=AFRONDEN(TEKST.SAMENVOEGEN(AFRONDEN(E2/100;0);",";DEEL((E2-AFRONDEN(E2/100;0)*100)/60;3;6));8)
```

De latitude en longitude die hieruit volgen zijn bruikbaar voor het weergeven van de coördinaten binnen Google Earth en het berekenen van de locatie. Om de gegevens binnen KML bestand te gebruiken is het noodzakelijk om de punt te vervangen door een komma, dit is gebeurd met de volgende Excel formules (eerste formule voor de latitude en de tweede formule longitude):

```
=TEKST.SAMENVOEGEN(DEEL(C2;1;2);",";DEEL(DEEL(C2;3;7)/60;VIND.SPEC(",";DEEL(C2;3;7)/60)+1;6))
```

en

```
=TEKST.SAMENVOEGEN(AFRONDEN(E2/100;0);",";DEEL((E2-AFRONDEN(E2/100;0)*100)/60;3;6))
```

G-4.4 Genereren KML file

In de voorgaande paragrafen is aangegeven hoe de data bruikbaar gemaakt is voor gebruik in KML bestanden, KML is de opmaaktaal voor Google Earth. Het is in het kader van dit onderzoek niet zinvol om de gehele opmaaktaal uit te diepen, voor diepgaande informatie over KML kan Google(2010) geraadpleegd worden.

De KML bestanden die in het kader van dit onderzoek gegenereerd worden beginnen met de onderstaande code:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.1">
  <Document>
    <name>Tite1</name>
    <Style id="a">
      <IconStyle>
        <Icon>
<href>http://maps.google.com/mapfiles/ms/icons/red-dot.png</href>
        </Icon>
      </IconStyle>
    </Style>
```

En de pagina eindigt met de volgende code:

```
</Document>
</kml>
```

Om de transportbewegingen weer te geven is er in het kader van dit onderzoek ervoor gekozen om de verschillende coördinaten met elkaar te verbinden in de vorm van een lijn en de coördinaten weer te geven met behulp van een kleine cirkel.

Met behulp van de onderstaande code wordt de cirkel opgesteld voor de coördinaten. Hierbij is 162139 de tijd en zijn 5.64193, 51.995575, 0 de longitude en latitude. Tussen de *description* –tags staat de omschrijving van de activiteit die de vrachtwagen op dat moment uitvoert (het bepalen van deze omschrijving wordt uitgelegd in paragraaf 0).

```
<Placemark><Style><IconStyle><scale>0.75</scale>
  <Icon><href>root://icons/palette-
4.png</href><y>0</y><x>32</x><w>16</w><h>16</h></Icon>
  </IconStyle></Style>
  <name>162139</name>
```

```

<styleUrl>#a</styleUrl> <Point>
  <coordinates>5.64193, 51.995575,0</coordinates>
</Point>
<description><![CDATA[Transport Terug2]]></description>
</Placemark>

```

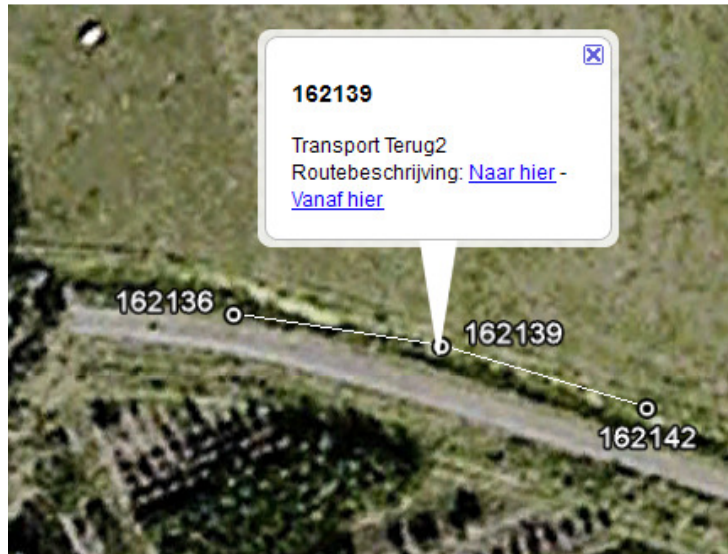
De lijn tussen de verschillende coördinaten dient apart gegenereerd te worden, deze is als volgt opgemaakt:

```

<Placemark><name>as
line</name><styleUrl>#style1</styleUrl><LineString><extrude>0</extru
de><tessellate>1</tessellate><altitudeMode>clampToGround</altitudeMo
de><!-- kml:altitudeModeEnum: clampToGround, relativeToGround, or
absolute --><coordinates>
  5.641581, 51.995608, 0
  5.64193, 51.995575, 0
  5.642275, 51.995511, 0
</coordinates></LineString></Placemark>

```

Hierbij dienen alle coördinaten die met elkaar verbonden dienen te worden op een aparte regel geplaatst te worden. Het eindresultaat van het voorbeeld behandeld in deze paragraaf is weergegeven in Figuur B- 7.



Figuur B- 7: Eindresultaat van het plotten in Google Earth

In het kader van dit onderzoek is er een Excel bestand opgesteld welke uitgerust was met een macro om het opstellen van de KML bestanden te automatiseren. Het is in het kader van dit onderzoek niet relevant om de exacte opbouw van deze macro te bespreken.

G-5 Analyse GPS -data

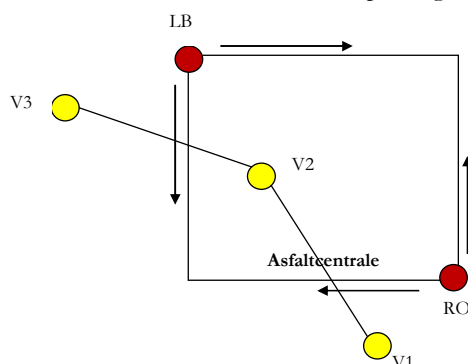
De laatste stap die in het kader van de verzameling en verwerking van de GPS –data dient te gebeuren is de analyse van de data. Dit is gebeurd op twee manieren die door elkaar gebruikt zijn, namelijk visuele analyse (op basis van weergave in Google Earth) en analytisch (op basis van de coördinaten de activiteit bepalen).

G-5.1 Analytische methode

Binnen de analytische methode worden de activiteiten op basis van de coördinaten bepaald, dit houdt in dat als bepaald wordt op de vrachtwagen op het werk, de asfaltcentrale dan wel op de weg zit.

Door te controleren of de latitude en longitude van de vrachtwagen zich bevindt tussen de coördinaten van de AC of verwerkingslocatie. In Figuur B- 8 is schematisch weergegeven hoe dit uitgevoerd is, hierbij staan LB en RO voor de twee hoekpunten van de locatie. Vervolgens

wordt aan de hand van de coördinaten van de vrachtwagen gecontroleerd of de binnen zowel LB als RO bevindt. In dit voorbeeld is dit dus alleen van toepassing voor punt V2.



Figuur B- 8: Voorbeeld locatie bepaling AC

Dit wordt bepaald aan de hand van de volgende formule in Excel (zie Tabel B- 110 voor de verklaringen van de cellen):

```
=ALS(EN(AG2<=Locaties!$B$2;AG2>=Locaties!$D$2;AH2>=Locaties!$C$2;AH2<=Locaties!$E$2);"AC";ALS(EN(AG2<=Locaties!$B$3;AG2>=Locaties!$D$3;AH2>=Locaties!$C$3;AH2<=Locaties!$E$3);"werk";"Transport"))
```

Cel:	Omschrijving:
AG2	Latitude als decimaal getal
AH2	Longitude als decimaal getal
Locaties!\$B\$2	Latitude links boven in terrein van de asfaltcentrale
Locaties!\$D\$2	Longitude links boven in terrein van de asfaltcentrale
Locaties!\$C\$2	Latitude rechts onder in terrein van de asfaltcentrale
Locaties!\$E\$2	Longitude rechts onder in terrein van de asfaltcentrale
Locaties!\$B\$3	Latitude links boven in terrein van de verwerkingslocatie
Locaties!\$D\$3	Longitude links boven in terrein van de verwerkingslocatie
Locaties!\$C\$3	Latitude rechts onder in terrein van de verwerkingslocatie
Locaties!\$E\$3	Longitude rechts onder in terrein van de verwerkingslocatie

Tabel B- 110: Verklaring Cellen Locatie bepaling

Binnen deze locatiebepaling wordt er dus vanuit gegaan dat de vrachtwagen aan het rijden is als deze niet aanwezig is op de asfaltcentrale of de verwerkingslocatie.

Vervolgens zijn er aan de hand van de locatie nog een aantal elementen van de logistieke cyclus te bepalen:

- Cyclusnummer, is de vorige locatie transport en de huidige locatie is op de AC, dan kan er vanuit gegaan worden dat de vrachtwagen gaat beginnen aan de volgende cyclus en kan het nummer dus omhoog; en
- Transportrichting, is de vorige locatie de AC en de huidige transport, dan kan er vanuit gegaan worden dat de vrachtwagen onderweg is naar de verwerkingslocatie. Dit zelfde geldt voor de omgekeerde richting.

Een aantal zaken kan niet automatisch uit de GPS –data gehaald worden, namelijk de volgende punten:

- Lostijd, is de vrachtwagen daadwerkelijk aan het lossen of staat deze te wachten op de verwerkingslocatie;
- Laadtijd, is de vrachtwagen daadwerkelijk aan het laden of staat deze te wachten op de asfaltcentrale; en
- Schoonmaaktijd, is de vrachtwagen chauffeur daadwerkelijk aan het wachten of is deze aan het pauzeren.

De zaken die niet automatisch uit de GPS –gegevens gehaald kunnen worden, dienen handmatig en visueel geanalyseerd te worden door deze in Google Earth te visualiseren.

G-5.2 Visuele analyse

De visuele analyse is de eenvoudigste manier van analyseren, maar ook de meest arbeidsintensieve aangezien alles handmatig uitgevoerd dient te worden. Deze analyse is met name bruikbaar om bijzonderheden uit de data te kunnen halen. Hierbij dient gedacht te worden aan de situaties die niet automatisch uit de GPS –data gehaald te kunnen worden. Hierbij is het belangrijk dat er over een ruime periode (als in voldoende data regels) naar de data gekeken wordt.

Bij de volgende punten is het van belang om een visuele analyse uit te voeren:

- Bepalen van de laadtijd;
- Bepalen van de lostijd; en
- Bepalen van de schoonmaaktijd.

Op basis van de ervaringen die opgedaan zijn tijdens de analyses ten behoeve van dit onderzoek is het van belang om extra aandacht te besteden aan:

- Het vertrek van de vrachtwagens bij de AC, dit omdat de wettelijke rustpauze vaak in de omgeving van de AC genomen wordt;
- De transportbewegingen op het terrein van de AC, als vrachtwagens van andere projecten komen of freesasfalt meebrengen rijden ze vaak nog over het terrein van de AC. Dit dient echter niet meegenomen te worden als transporttijd tussen de AC en de verwerkingslocatie; en
- De transportbewegingen rond de verwerkingslocatie, het is nooit mogelijk om exact de grenzen van de verwerkingslocatie aan te geven, daarnaast is de nauwkeurigheid van de GPS –loggers onvoldoende om hier vanuit te gaan.

Als de vrachtwagen op de heen- of terugweg langs de verwerkingslocatie rijdt (of zoals bij de A6, onder de verwerkingslocatie) kan het door de onnauwkeurigheid van de GPS voorkomen dat deze coördinaten geeft die in het werkvak liggen. Dit terwijl de vrachtwagen daadwerkelijk bezig is met een transportbeweging.