

Optimalisatie van visuele weginspecties

Met gebruik van de Lean Six Sigma methode

Nick Oude Vrielink – s1003607

19-7-2013



Colofon

Titel Optimalisatie van visuele wegininspecties
Met behulp van de Lean Six Sigma methode

Auteur Nick Oude Vrielink
Studentnummer s1003607
e-mail n.h.m.oudevrielink@student.utwente.nl

Universiteit Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Studie Bachelor Civiele Techniek

Begeleiders UT Prof.dr.ir. A.G. Dorée
Ing. F.R. Bijleveld
Begeleiders Heijmans Ing. M. van den Oord
Drs. ing. J. Spaninks
Ing. W. van de Polder

Kenmerk Definitieve versie 1.0
Datum 10 juli 2013

Bron afbeelding voorkant: Inspectrum (10 juli 2013)
<http://www.inspectrum.nl/infrastructuur/wegininspecties/>, Geraadpleegd op 10 juli 2013

Voorwoord

Voor mijn Bachelor Eindopdracht leek het mij interessant om met LEAN bezig te gaan, aangezien het een relatief nieuw item is binnen de bouw en er nog genoeg over te ontdekken valt. Daarom ben ik op zoek gegaan naar een opdracht waarbij ik meer te weten zou komen over LEAN. Omdat Heijmans al langer bezig is met de methode en ook omdat Heijmans ervaring heeft met het begeleiden van studenten van de Universiteit Twente, leek mij dit een goede optie. Toen bleek echter dat zij al genoeg studenten hadden lopen en geen plek meer voor mij hadden.

Na enkele andere bedrijven aangeschreven te hebben en op bezoek te gaan kreeg ik toch weer een e-mail van Heijmans, dat ze nog wel een project hadden liggen voor mij. Na vergelijking met de aangeboden opdrachten van andere bedrijven leek die van Heijmans toch het meest interessant, met als gevolg dat ik daar 10 weken heb rondgelopen om daar de visuele inspecties van wegen te optimaliseren met behulp van Lean Six Sigma.

Tijdens de opdracht heb ik veel steun gehad aan de medewerkers van Heijmans en dan met name mijn begeleider Mark van den Oord. Ik heb de opdracht dan wel alleen uitgevoerd, maar met vragen werd ik altijd de goede weg op gestuurd. Ik wil mijn begeleiders en alle anderen die hulp hebben geboden dan ook bedanken voor het mede mogelijk maken van dit onderzoek.

Verder wil ik mijn begeleiders van de Universiteit Twente bedanken voor de goede feedback tijdens en na de opdracht. Zonder hun had dit rapport er heel anders uitgezien.

Nick Oude Vrielink
n.h.m.oudevrielink@student.utwente.nl

Samenvatting

De aanleiding van dit onderzoek is dat het proces van visuele inspecties de laatste jaren is veranderd door de komst van video-inspecties en dat er door nieuwe contractvormen veel meer inspecties worden uitgevoerd dan een paar jaar geleden. Daardoor zijn de kosten voor de inspecties ook erg toegenomen.

In dit verslag zijn de bevindingen ten aanzien van het Heijmans Lean Six Sigma project het optimaliseren van visuele inspecties te vinden. Het onderzoek heeft zich gericht op het inspectieproces vanaf de start van de offerte tot en met de nazorg en calculatie. Daarmee is het gehele proces doorlopen. Het onderzoek is relevant voor Heijmans, omdat er door veranderende contractvormen meer inspecties gedaan worden en omdat ook steeds vaker de switch wordt gemaakt van handmatige visuele inspectie naar video-inspectie. Daardoor is het relevant om het gehele proces nog eens tegen het licht te houden, om te zien of dat ook efficiënter kan.

Gedurende dit onderzoek heeft de focus gelegen op de bewerkingstijd (in uren), de wachttijd (in dagen) en het aantal herbewerkingen van verschillende inspectieprojecten. Door statistisch te bepalen waar de grootste knelpunten zitten binnen het inspectieproces is een verbeterplan gemaakt. De data is verkregen uit projectkaarten en rapportages van verschillende inspecties.

Het kader van dit onderzoek zijn de visuele verhardingsinspecties (gedetailleerde, globale en video-inspecties). Deze inspecties zijn van begin (aanvraag inspectie) tot het einde (rapportage en facturatie) geanalyseerd. Binnen dat kader wordt de volgende onderzoeksvraag behandeld:

- **Hoe kan het proces van de visuele wegininspecties verbeterd worden?**

Deze onderzoeksvraag is beantwoord aan de hand van deelvragen.

- **Hoe zit het proces in elkaar en wat zijn de huidige prestaties?**

Het proces bestaat uit 4 fases met daarin verschillende processtappen. De fases zijn de offerte, de voorbereiding, de uitvoering en de rapportage. Binnen deze fases zit de 5/7 van de bewerkingstijd in de uitvoering en 1/5 in de rapportage, terwijl de wachttijd ontstaat in de offerte en rapportagefase zitten (Tabel 1). Ook het aantal herbewerkingen zit voor het grootste deel in de offerte en rapportagefases. Verder is in de data te zien dat er een grote spreiding tussen verschillende projecten aanwezig is, zelfs als ze wat betreft grootte vergelijkbaar zijn.

Indien de bewerkingstijd aangepakt wordt, moet de oplossing dus vooral gezocht worden in de uitvoering en rapportagefases, terwijl de wachttijd verminderd kan worden door de offerte en rapportagefases te verbeteren. Ook kan een groot gedeelte van het probleem worden opgelost door alle inspectieprojecten even efficiënt aan te pakken, waardoor de grote uitschieters bij vergelijkbare projecten niet meer voorkomen. Daardoor zou de gemiddelde bewerkingstijd en gemiddelde wachttijd al drastisch verminderd kunnen worden.

Tabel 1 – Huidige procesprestaties

Fase	Bewerkingstijd (uren)				Wachttijd (werkdagen)			
	Gemiddeld	Spreiding	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Spreiding	Minimum	Maximum
Offerte	3,2	3,3	0,5	14,0	7,3	16,4	0	75
Tussen off & VB					11,3	15,1	-9	55
Voorbereiding	2,4	2,4	0,5	9,0	3,6	7,2	0	29
Tussen VB & Uitv					1,0	7,6	-29	15
Uitvoering	52,8	102,4	4,0	428,0	5,3	12,4	-2	63
Tussen Uitv & Ra					1,0	16,0	-63	31
Rapportage	15,9	18,9	1,0	98,5	25,2	35,1	0	172
Totaal	70,9	106,3	7,5	463,0	47,7	39,9	1	172

- **Waar in het proces zijn er mogelijke verbeterpunten te vinden?**

De verbeterpunten zijn te vinden in de fases die de meeste wachttijd, bewerkingstijd of herbewerkingen bevatten, maar om te bepalen hoe deze verminderd kunnen worden zijn invloedsfactoren bepaald. De faalwijzen die bij deze invloedsfactoren horen en de problemen veroorzaken zijn bepaald met behulp van een brainstorm. Deze zijn met behulp van een Risico Prioriteits Nummer (kans (P) • effect (E) • veranderbaarheid (V)) gesorteerd, waarna de belangrijkste zijn gebruikt bij het bedenken van verbeteracties (Tabel 2).

Tabel 2 – Belangrijkste faalwijzen

Processtap	Faalwijze	Oorzaak	P	E	V	RPN
Uitvoeringsfase	Onnodige bewerkingstijd	Areaal gegevens niet duidelijk	10	8	8	640
Offertefase	Herbewerkingen	Contracteisen niet meegenomen gedurende het project	7	8	10	560
Offertefase	Wachttijd	Onduidelijke offerte	7	8	8	448
Offertefase	Herbewerkingen	Onduidelijke uitvraag klant	7	8	8	448
Offertefase	Herbewerkingen	Offerte sluit niet aan op vraag	7	8	8	448
Vorbereidingsfase	Wachttijd	Beschikbaarheid medewerkers HIP	7	8	8	448

- **Zijn er verschillen tussen de verschillende soorten visuele inspecties en wanneer is welke soort het meest geschikt?**

De globale en video-inspecties lijken erg op elkaar, echter zijn er enkele grote verschillen. De globale inspectie gebeurt met behulp van een auto rijdend over de vluchtstrook, of lopend over de weg. De video-inspectie gebeurt op kantoor met behulp van videobeelden die op locatie zijn opgenomen. Deze beelden zijn in HD gemaakt, waardoor ze scherp genoeg zijn om te beoordelen.

De verschillen in kosten zijn bepaald met behulp van regressie voor de 2 soorten inspecties. Hierbij is bij de globale inspectie de kosten voor de auto en de verkeersmaatregelen niet meegenomen, waardoor het verschil in kosten nog minder zal zijn. Uit de regressie blijkt dat de video-inspectie duurder is dan een globale inspectie, maar dat verschil is niet heel groot. Ook dalen de kosten van video-inspecties sinds ze voor het eerst worden gebruikt en mogelijk blijft dat nog dalen.

Een video-inspectie heeft echter ook nog enkele voordelen. Zo is het vele malen veiliger om vanuit kantoor te inspecteren, dan om met een slakkengangetje over de vluchtstrook te rijden. Verder is een video goed bewijsmateriaal richting de opdrachtgever indien er discussie ontstaat over een bepaalde schade op een bepaald tijdstip.

Verder is er nog bepaald met behulp van een literatuuronderzoek, dat andere technieken die in het buitenland wel worden gebruikt in Nederland geen nut hebben, omdat die bij ZOAB niet werken.

- **Wat zijn effectieve verbeteracties om de grootste problemen aan te pakken?**

De verbeteracties om de inspecties te optimaliseren zijn uiteindelijk als volgt:

1. Standaardisatie van vastlegging areaalgrenzen m.b.v. shapefiles in een GIS omgeving
2. Vragenlijst voorafgaand aan de inspectie om verwachting van opdrachtgever en inspecteur gelijk te krijgen
3. Feedbackformulier voordat de inspectie begint om verwachting te checken met opdrachtgever
4. Centrale planning voor alle inspecties
5. Met behulp van Schouwen een dossier opbouwen, waardoor inspecties worden vervangen door de goedkopere schouw indien dat mogelijk is.
6. Centrale data opslag, waardoor er feedback mogelijk is over de projecten heen voor een integrale aanpak en continue verbetering van het proces mogelijk is

Deze verbeteracties zijn bepaald met behulp van de in de andere deelvragen gevonden resultaten en door een brainstormsessie te houden met betrokkenen en experts wat betreft het inspectieproces.

Met behulp van deze verbeteracties zal er meer structuur in het proces komen en zal de kwaliteit van de uitgevoerde inspecties verbeteren. Dit komt voornamelijk doordat er minder gezocht hoeft te worden naar de juiste informatie (verbeteracties 1 t/m 3). Ook het maken van een centrale planning en centrale data opslag zorgen voor een beter proces, omdat er nu erg veel informatie lokaal is (bij slechts één persoon die over dat stukje informatie gaat).

Het verbeteren van het de schouw, waardoor deze inspecties kan vervangen is vooral vanwege het feit dat men bewust moet zijn wat er gemeten wordt en waarom. Indien een inspectie veel te diep gaat voor het doel dat men voor ogen heeft is het logisch om dit anders aan te pakken. Met deze verbetermaatregel valt de meeste winst te halen, omdat een groot gedeelte van de inspecties niet uitgevoerd hoeft worden.

Inhoudsopgave

Colofoon.....	2
Voorwoord.....	3
Samenvatting	4
1. Inleiding.....	7
2. Projectkader	8
2.1. Doelstelling	8
2.2. Scope.....	8
2.3. Onderzoeksvraag en deelvragen.....	8
2.4. Onderzoeksmethode	8
3. Hoe zit het proces in elkaar en wat zijn de huidige prestaties?	10
3.1. Hoe zit het proces in elkaar?	10
3.2. Wat zijn de huidige prestaties van het proces.....	11
4. Waar in het proces zijn er mogelijke verbeterpunten te vinden?	15
4.1. Individuele invloedsfactoren	15
4.2. Combinaties van invloedsfactoren.....	16
4.3. Problemen in het proces	17
4.4. Inefficiënties	18
4.5. Belangrijkste problemen	20
5. Zijn er verschillen tussen de verschillende soorten visuele inspecties en wanneer is welke soort het meest geschikt?.....	21
5.1. Verschillen tussen inspecties.....	21
5.2. Kosten video-inspecties ten opzichte van globale inspecties.....	21
5.3. Bestaande alternatieven voor visuele inspecties	24
6. Wat zijn effectieve verbeteracties om de grootste problemen aan te pakken en hoe moeten deze worden geïmplementeerd?.....	25
6.1. Verbeteringacties	25
6.2. Planning voor implementatie	27
6.3. Verantwoordelijken voor de implementatie	28
7. Conclusie & Discussie	29
7.1. Conclusie	29
7.2. Discussie.....	30
8. Aanbevelingen	31
9. Bibliografie	32
10. Verklarende woordenlijst	33

1. Inleiding

Om een idee te krijgen van het bedrijf waar dit onderzoek heeft plaatsgevonden is het bedrijfsprofiel bekeken en bepaald waar in het bedrijf dit onderzoek geplaatst zou worden. Dat is uitgevoerd met behulp van het bedrijfsprofiel uit Bijlage 17 en de bijbehorende organogrammen.

Heijmans heeft als probleem dat de visuele inspecties van wegen vaak niet optimaal gedaan worden. Vaak zijn het klusjes die even tussendoor moeten gebeuren en waarbij de mensen die het uitvoeren er zo af en toe mee bezig zijn. Daardoor zijn er veel wachttijden en is dus ook de doorlooptijd van deze inspecties erg groot. Momenteel neemt onder andere door relatief nieuwe contractvormen het aantal inspecties toe. Ook wordt er sinds kort gebruik gemaakt van video-inspecties. Deze vorm van inspecteren wordt momenteel op dezelfde manier uitgevoerd als de handmatige inspecties, echter kan dit mogelijk veel slimmer. Juist omdat het proces de laatste paar jaren veel is veranderd en er meer inspecties worden uitgevoerd, is er de wens ontstaan het proces van inspecteren te verbeteren.

De nieuwe contractvormen waardoor er meer inspecties uitgevoerd worden zijn de Garantiecontracten en 'Variabele OnderhoudsContracten' (VOC-contracten). In een aantal jaren is het aantal nieuwe inspecties daardoor toegenomen en de verwachting is dat de groei nog niet aan zijn eind is. Bij garantiecontracten is het nodig te inspecteren of wel aan de garantie-eisen wordt voldaan, terwijl bij de VOC-contracten moet worden geïnspecteerd om te controleren of onderhoud nodig is of niet.

Heijmans is sinds enkele jaren actief bezig om de verschillende bedrijfsprocessen te verbeteren met behulp van de Lean Six Sigma (LSS) methode. Dit onderzoeksrapport gaat met behulp van die methode in op de verbetering van visuele inspecties.

Bij Heijmans is het uiteindelijk de doelstelling dat er met behulp van Lean6Sigma een cultuurverandering plaatsvindt, waardoor het een '*Way of Work*' (Doodeman, 2012) moet worden. Dat is ook bij het visuele inspectieproces het geval. Doordat de betrokkenen nu in aanraking komen met LSS is het ook mogelijk dat ze in de toekomst zelf verbeteringen gaan doorvoeren, omdat ze weten dat het mogelijk is.

Dit rapport zal als eerste zal in hoofdstuk 2 de doelstelling en het kader van het onderzoek behandelen. Vervolgens zullen de gebruikte onderzoeksmethode toegelicht worden. Deze 2 samen zullen de hoofdvraag vormen, die uitgesplitst is in verschillende deelvragen.

In de daaropvolgende hoofdstukken (3 t/m 6) zullen de verschillende deelvragen behandeld worden, waarna in hoofdstuk 7 de resultaten worden geconcludeerd en bediscussieerd. In hoofdstuk 8 komen vervolgens de aanbevelingen richting Heijmans. Het onderzoeksrapport wordt daarna afgesloten met de literatuurlijst in hoofdstuk 9, verklarende woordenlijst in hoofdstuk 10 en tot slot de bijlagen.

2. Projectkader

In dit hoofdstuk zal het kader van het onderzoek gedefinieerd worden aan de hand van de doelstelling, scope, onderzoeksvraag, deelvragen en de onderzoeksmethode.

2.1. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om het proces van visuele inspecties te verbeteren, waardoor de doorlooptijden verminderd worden en de inspecties goedkoper uitgevoerd kunnen worden. De verminderde doorlooptijd zal met name de kwaliteit van het proces en dus de kwaliteit van het eindproduct verbeteren. Ook zal de bewerkingstijd verminderd worden wat vooral een kostenbesparing oplevert. De doelstellingen zijn dus als volgt:

1. Verminderde doorlooptijden
2. Goedkopere inspecties
3. Verminderde bewerkingstijden

2.2. Scope

Binnen de scope vallen alle visuele inspecties die door Heijmans worden uitgevoerd. Hierbij zal worden gekeken naar het gehele proces van inspecteren, wat begint bij de offerte en eindigt bij het versturen van de factuur. Er zal echter niet gekeken worden naar de kosten van eventuele gevolgreparaties, die lager uit hadden kunnen vallen als de schade eerder ontdekt zou worden. Ook worden de kosten van de inspectiemiddelen niet meegenomen, omdat de grootste variabele kosten binnen elk inspectieproject de uren van de werknemers zijn. Echter bij video-inspecties worden de kosten van het maken van de video wel meegenomen, aangezien dit een erg hoog bedrag is en variabel van project tot project.

2.3. Onderzoeksvraag en deelvragen

De doelstelling van het onderzoek zal beantwoord worden aan de hand van een hoofdvraag, die is uitgesplitst in deelvragen.

Onderzoeksvraag:

Op welke manieren kan het proces van de visuele wegininspecties verbeterd worden, zodanig dat de bewerkingstijd en doorlooptijd verminderen?

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen geformuleerd en beantwoord in het verslag

Deelvragen:

1. Hoe zit het proces in elkaar en wat zijn de huidige prestaties?
2. Waar in het proces zijn er mogelijke verbeterpunten te vinden?
3. Zijn er verschillen tussen de verschillende soorten visuele inspecties en wanneer is welke soort het meest geschikt?
4. Wat zijn effectieve verbeteracties om de grootste problemen aan te pakken en hoe moeten deze worden geïmplementeerd?

2.4. Onderzoeksmethode

Het onderzoek is gedaan met behulp van de Lean6Sigma methode. De Lean Six Sigma methode (Prof. Dr. Ronald Does, 2008) en (Heijmans academie, 2011) is bij Heijmans zeer gebruikelijk voor verschillende verbeterprojecten en is samen met het Instituut voor Bedrijfs- en Industriële Statistiek van de UvA binnen Heijmans ingevoerd. Deze methode werkt stapsgewijs met behulp van statistische gegevens om alle processen te verbeteren op een wetenschappelijke manier. De methode is nader toegelicht in Bijlage 1. Ondanks dat de methode als houvast is gebruikt, is dit verslag niet volgens die methode opgebouwd. De methode is eigenlijk een samenvoeging van vele beproefde technieken, waarvan sommigen al decennia in gebruik zijn.

Het onderzoek is als volgt opgebouwd (Figuur 1):



Figuur 1 – Grafische weergave van de onderzoeks-stappen

Als eerste is bepaald waarom het onderzoek uitgevoerd moet worden. Dit is beschreven in de Inleiding (Hoofdstuk 1). In dat hoofdstuk is ook het probleem gedefinieerd. De redenen waarom het onderzoek gewenst was staan beschreven in het hoofdstuk en komen voort uit gesprekken met de medewerkers van Heijmans en de directeur wegen GPO (Matthijs Haveman) van Heijmans. Vervolgens is in hoofdstuk 2 het kader, de doelstelling en de onderzoeksvraag gedefinieerd. Daarna begint het onderzoek pas in hoofdstuk 3, aan de hand van de deelvragen.

Het onderzoek zelf is uitgevoerd door gegevens te verzamelen van verschillende visuele inspecties uitgevoerd binnen Heijmans vanaf 2007. Deze gegevens zijn afkomstig van projectkaarten waarop de uren zijn geboekt en van projectrapportages, waarop alle andere informatie vermeld staat zoals de areaal informatie en hoe de inspectie is uitgevoerd.

Deze gegevens zijn samengevoegd in één groot databestand, waarna het geanalyseerd is met behulp van onder andere Minitab en Excel. De stappen die genomen zijn tijdens het analyseren zijn afkomstig uit de Lean Six Sigma methode die binnen Heijmans veel gebruikt wordt. Voor elke verschillende onderzoeksvraag is een andere aanpak gekozen die beschreven is in elk afzonderlijk hoofdstuk. Een aantal van de gebruikte methodes zijn het bepalen van de statistische verdeling van de data, het grafisch weergeven van de data en het bepalen van invloedsfactoren met behulp van onder andere regressie, ANOVA en de CHI-kwadraat toets.

Nadat alle data geanalyseerd is, kunnen er conclusies getrokken worden en kan bepaald worden op welke manieren bepaalde problemen op te lossen zijn. Dat is gedaan door de experts bij het proces te betrekken met behulp van een brainstormsessie. Tijdens die brainstormsessie is er gezamenlijk gezocht naar oplossingen voor de problemen. Vervolgens is dit ook nog gevalideerd door een andere expert die niet bij de brainstorm aanwezig was. Doordat hij dit kon bevestigen, was het duidelijk dat de oplossingen goed toepasbaar zijn. Deze oplossingen zijn vervolgens verwerkt tot aanbevelingen.

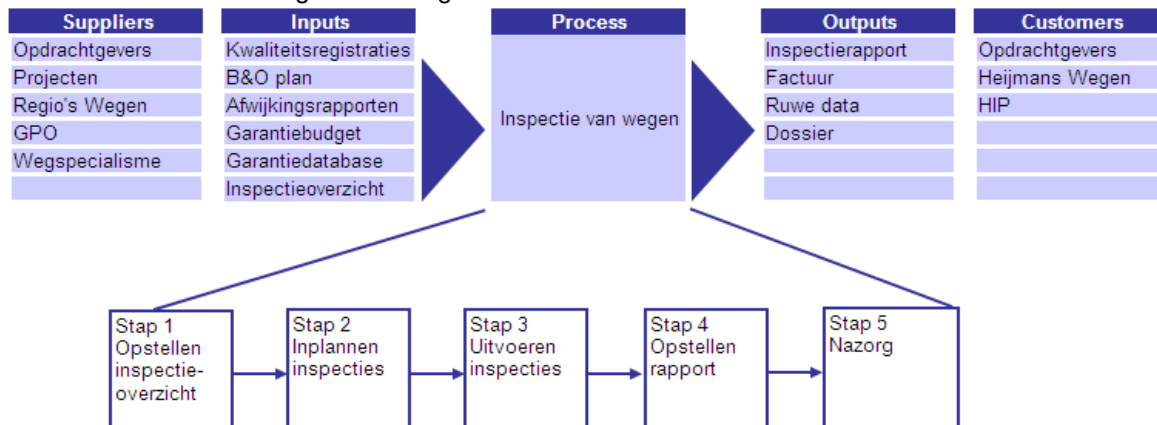
Aan het eind van dit onderzoeksrapport zijn de conclusie (hoofdstuk 7) en de aanbevelingen (hoofdstuk 8) gemaakt aan de hand van de gevonden resultaten in de hoofdstukken 3 tot en met 6. De conclusie bestaat vooral uit een redenering waarom de gevonden verbetermaatregelen effectief zijn en waar eventueel nog op gelet moet worden tijdens het doorvoeren van de maatregelen, waarna bij de aanbevelingen de verbetermaatregelen uitgebreid worden toegelicht.

3. Hoe zit het proces in elkaar en wat zijn de huidige prestaties?

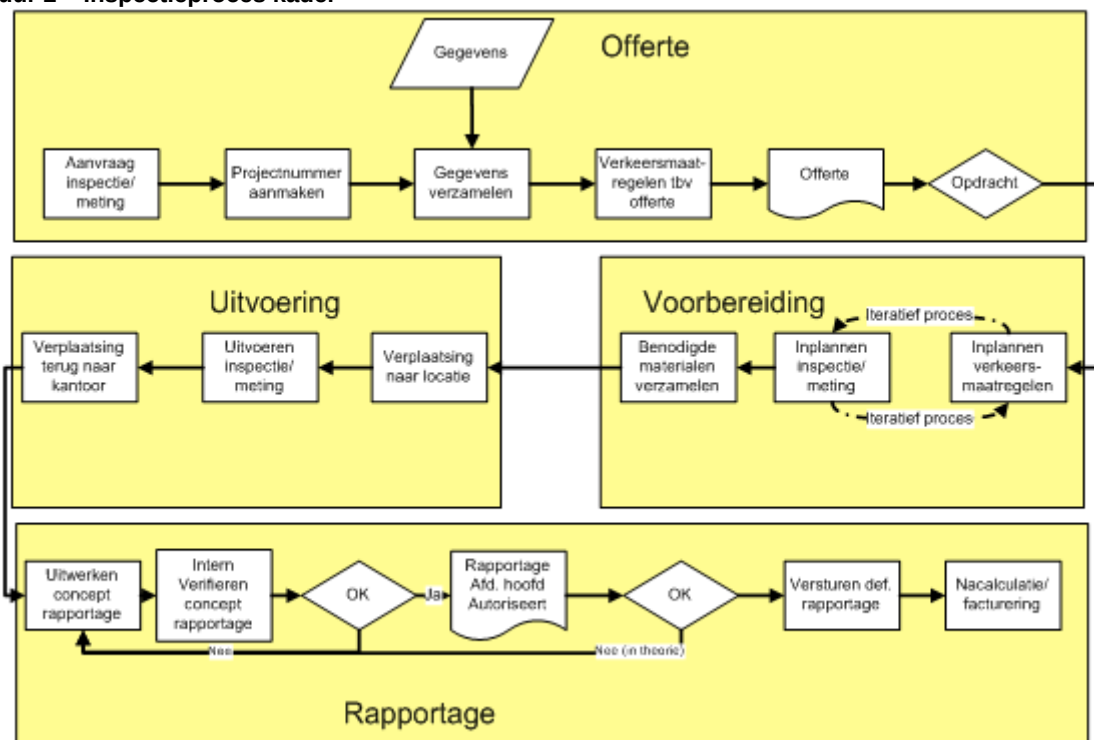
In dit hoofdstuk zal het huidige inspectieproces gedefinieerd worden, waardoor het voor alle betrokkenen duidelijk is hoe het in elkaar steekt (§3.1.) en hoe het momenteel loopt (§3.2.). Ook wordt het daardoor duidelijk dat er mogelijke verbeterpunten in het proces zitten. In Bijlage 2 zijn de verschillende soorten wegininspecties nader toegelicht.

3.1. Hoe zit het proces in elkaar?

Om het proces goed te kunnen doorgronden is er een flowchart gemaakt met de verschillende processtappen. Eerst is bepaald wat de kaders van het proces zijn, waarna het proces in detail is uitgewerkt. In de detailuitwerking is het gehele proces al opgedeeld in verschillende projectfasen. Het resultaat is te vinden in Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 2 – Inspectieproces kader



Figuur 3 – Processtappen van visuele wegininspecties

Met behulp van dit kader kan bepaald worden hoe goed het huidige proces in elkaar zit door waarden te bepalen waarmee de prestaties uitgedrukt kunnen worden. Omdat de doelen gespecificeerd zijn als kosten en doorlooptijd, worden de prestaties uitgedrukt in *Bewerkingstijd* en *Wachttijd*. Dit omdat de kosten bijna volledig tot *bewerkingstijd* zijn te herleiden en *doorlooptijd* voornamelijk een gevolg is van *wachttijd*. Ook zijn de werkelijke kosten per inspectie niet te achterhalen met de beschikbare data. Er is ook nog bepaald hoe de organisatie in elkaar zit. Dit is samengevat in een organogram in Bijlage 3. Ook is daar voor de betrokkenen bepaald wat hun belang is, om draagvlak te garanderen.

3.2. Wat zijn de huidige prestaties van het proces

De huidige prestaties zijn bepaald aan de hand van bewerkingstijd, wachttijd en herbewerkingen. Als eerste zullen de bewerkingstijd en wachttijd behandeld worden, omdat die op eenzelfde manier bepaald en ingedeeld zijn. Vervolgens de herbewerkingen, waarvan de data op een andere manier verkregen is en ook anders is ingedeeld. De meetmethode staat beschreven in het meetplan (Bijlage 6).

Bewerkingstijd en Wachttijd

Om de huidige procesprestaties te bepalen is eerst data vergaard voor de variabelen bewerkingstijd en wachttijd. Met behulp van de projectkaarten (zoals beschreven bij de onderzoeksmethode) is per project, per fase bepaald hoeveel uren en hoeveel wachttijd er is geweest. Doordat elke boeking een bepaalde code heeft is te achterhalen bij welke projectfase de uren horen.

Vaak is de omschrijving bij de uren op de projectkaarten niet heel duidelijk. Om de validiteit van de data te garanderen is een gedeelte van de data door meerdere personen geïnterpreteerd. Door deze interpretaties te vergelijken met behulp van een kappa test is bepaald of de interpretaties van verschillende mensen genoeg op elkaar lijken. Het gebruikte invulformulier staat in Bijlage 4. Doordat dit invulformulier door 3 verschillende personen is ingevuld is het mogelijk een kappa test te doen op de 3 resultaten. Ook heeft iedere respondent dit 2 keer gedaan (met een week tussentijd)

De resultaten zijn als volgt:

Inter-rater (tussen beoordelaars):	$P_a = 0.939$	$\kappa = 0.924$
Intra-rater (beoordelaars met zichzelf):	$P_{a1} = 0.932$	$\kappa_1 = 0.915$
	$P_{a2} = 0.886$	$\kappa_2 = 0.858$
	$P_{a3} = 0.977$	$\kappa_3 = 0.972$

Omdat alle resultaten ruim boven de 0,7 zitten kan aangenomen worden dat de data valide is. Echter, om zeker te zijn dat er geen fouten meer in de data aanwezig zijn is deze ook gevalideerd door gesprekken met de betreffende projectleiders. Na deze stappen kan worden aangenomen dat de dataset valide is. De dataset bestaat uit 33 inspectieprojecten uitgevoerd vanaf 2007 tot en met half 2013. Het is mogelijk dat er nog fouten in zitten door verkeerde boekingen, maar omdat alle data is gecontroleerd met de projectleiders, wordt aangenomen dat deze fout niet relevant is.

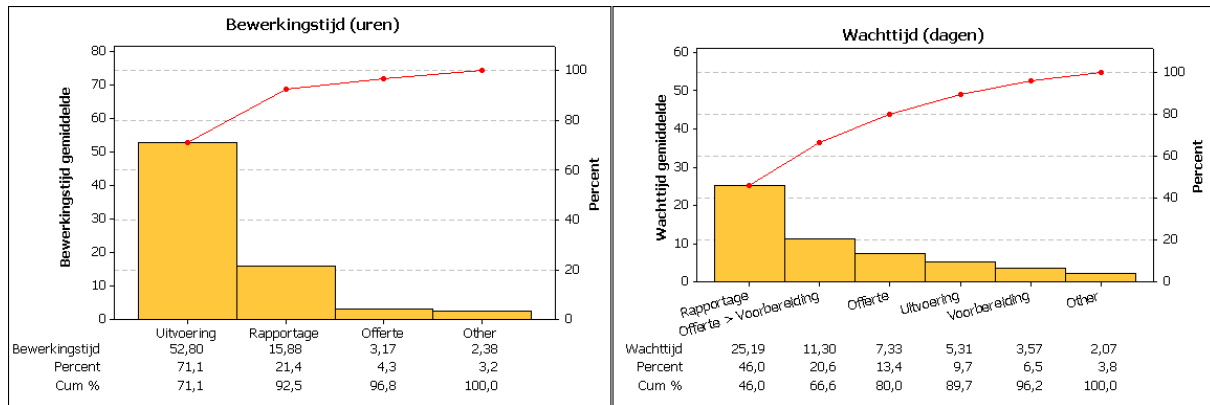
De beschikbare data kan geen uitsluitsel geven van de prestaties per processtap, maar wel per procesfase (zoals aangegeven in Figuur 3). Daardoor zijn uiteindelijk de volgende prestaties bepaald:

Tabel 3 - Huidige prestaties van inspecties

Fase	Bewerkingstijd (uren)				Wachttijd (werkdagen)			
	Gemiddeld	Spreiding	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Spreiding	Minimum	Maximum
Offerte	3,2	3,3	0,5	14,0	7,3	16,4	0	75
Tussen off & VB					11,3	15,1	-9	55
Voorbereiding	2,4	2,4	0,5	9,0	3,6	7,2	0	29
Tussen VB & Uitv					1,0	7,6	-29	15
Uitvoering	52,8	102,4	4,0	428,0	5,3	12,4	-2	63
Tussen Uitv & Ra					1,0	16,0	-63	31
Rapportage	15,9	18,9	1,0	98,5	25,2	35,1	0	172
Totaal	70,9	106,3	7,5	463,0	47,7	39,9	1	172

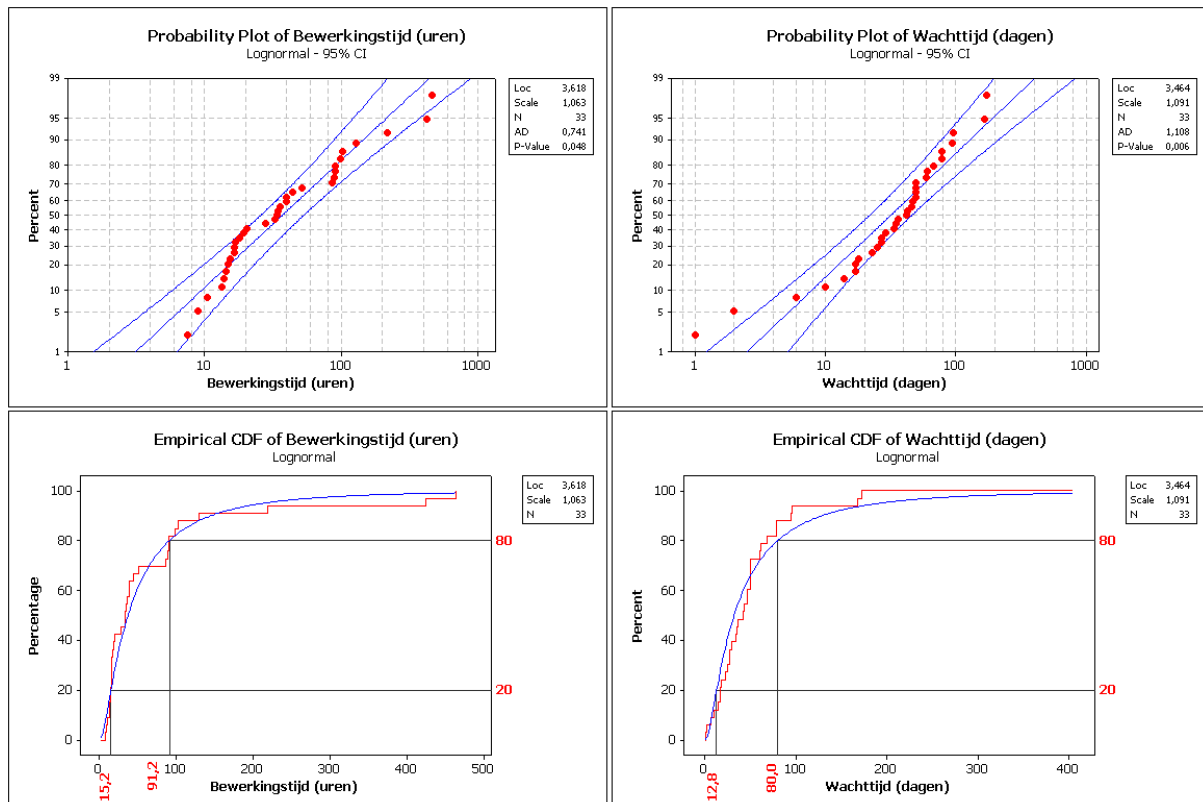
Zoals te zien in de tabel komen er bij wachttijd ook negatieve waarden voor. Dit heeft als oorzaak dat vaak al met de volgende fase van een inspectieproject wordt begonnen, terwijl de vorige fase nog niet geheel is afgerond.

Dezelfde data is in onderstaande Pareto-diagrammen (Figuur 4) gebruikt. Daardoor wordt het duidelijk, dat als de bewerkingstijd verminderd moet worden, dit het beste kan binnen de uitvoeringsfase of de rapportagefase. Voor de wachttijd zijn dat de rapportagefase, de tijd tussen de offerte en voorbereidingsfase en eventueel binnen de offertefase. Binnen die fases wordt namelijk het gros van de bewerkingstijd en wachttijd veroorzaakt. Hier wordt dus de Pareto-regel bevestigd dat het gros van de problemen door slechts een deel van de oorzaken wordt veroorzaakt.



Figuur 4 – Pareto-diagrammen van Bewerkingstijd (uren) en Wachttijd (dagen)

Een andere manier om te bepalen hoe het proces loopt is door te analyseren hoe de data is verdeeld. Door te bepalen hoe de data is verdeeld kan er al veel over gezegd worden en dit kan helpen bij de verdere analyse. Uit analyse blijken de bewerkingstijd en wachttijd niet normaal verdeeld te zijn (AD-waarde van 2,835 en P-waarde $< 0,05$) (Wachs, 2009). Daarom is gekeken welke verdeling het wel moet zijn. Het blijkt dat de data voor beide variabelen Lognormaal verdeeld is. De bijbehorende Waarschijnlijkheidsplots en de Empirische verdelingsfuncties zijn te vinden in Figuur 5.



Figuur 5 – Lognormaal waarschijnlijkheidsplots en Lognormaal Empirische verdelingsfuncties voor Bewerkingstijd en Wachttijd

Uit de Waarschijnlijkheidsplots (Figuur 5) is af te lezen dat de gevonden verdeling goed aansluit bij de data. Ook bij de Empirische verdelingsplots is dit te zien. Bij de waarschijnlijkheidsplots zijn er wel bij de wachttijd 2 punten die buiten de grenzen (95% BI) liggen. Beide punten hebben echter zeer weinig wachttijd, waardoor ze buiten het 95% Betrouwbaarheidsinterval liggen en zonder deze 2 punten past de Lognormaal verdeling perfect (AD-waarde 0,211 en P-waarde 0,845).

De P-waarde moet groter zijn dan 0,05 (bij 95% betrouwbaarheid) om de hypothese dat de verdeling van toepassing is aan te nemen. De AD-waarde moet zo dicht mogelijk bij de 0 liggen om significant te zijn.

Uit de empirische verdelingen is gemakkelijk een bepaald percentage projecten af te lezen dat wel of niet voldoet aan een nader te bepalen streefwaarde. Later in dit project zal hier gebruik van gemaakt worden. Er valt af te lezen dat de wachttijd in 20% van de gevallen minder is dan 12,8 dagen, maar in 20% van de gevallen ook meer dan 80,0 dagen. Daar is dus wel een verbetering mogelijk.

De coëfficiënten behorende bij de 2 verdelingsfuncties en de 20% / 80% waarden zijn in de volgende tabel weergegeven (Tabel 4 – Verdelingsgegevens):

Tabel 4 – Verdelingsgegevens bewerkingstijd en wachttijd

	AD-waarde	P-waarde	Locatie	Schaal	20% waarde	80% waarde
Bewerkingstijd (uren)	0,319	0,519	4,605	0,4491	15,2	91,2
Wachttijd (dagen)	0,211	0,845	3,693	0,7457	12,8	80,0

Met behulp van deze huidige prestaties kunnen ook doelstellingen bepaald worden bij de uiteindelijke verbetermaatregelen. Met behulp van doelstellingen is het namelijk makkelijker om de verbetermaatregelen uit te voeren en te vergelijken of deze ook daadwerkelijk effect hebben op het proces.

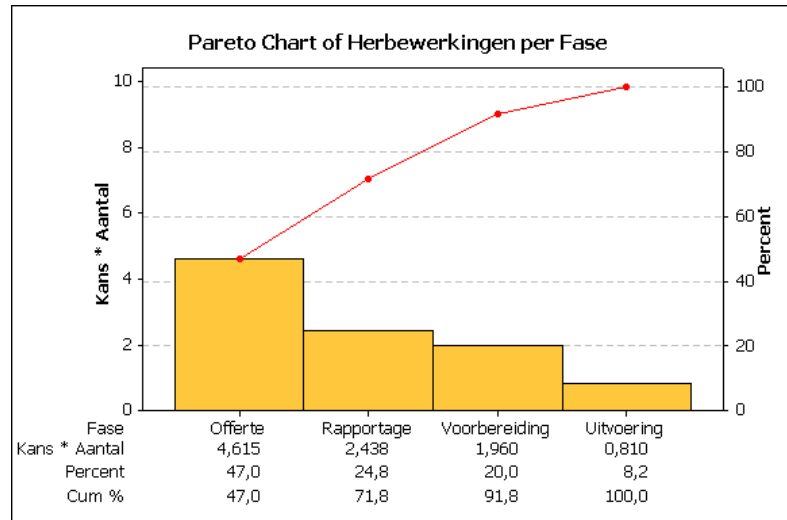
Herbewerkingen

Er is geen dataset waarin de hoeveelheid of de kans op herbewerkingen wordt bijgehouden. Daarom is er voor gekozen om een invulformulier (bijlage 5) te maken die door verschillende betrokkenen bij inspectieprocessen is ingevuld. Op dit invulformulier is meegenomen de kans dat er bij een bepaalde processtap een herbewerking plaatsvindt en het gemiddelde aantal herbewerkingen per processtap.

Er is enige spreiding in de data en er zijn slechts 4 respondenten die het formulier ingevuld hebben geretourneerd, waardoor de data minder betrouwbaar is. Echter zijn de 4 respondenten het op bepaalde vlakken wel eens met elkaar, waardoor op die vlakken de betrouwbaarheid hoog genoeg wordt geacht om van toepassing te zijn op dit onderzoek.

Zoals blijkt uit de Pareto-diagram in Figuur 6 zitten de meeste herbewerkingen (bijna 50%) in de offertefase en de minste in de uitvoeringsfase (slechts 8,2%).

De data is verkregen door het gemiddelde aantal herbewerkingen te vermenigvuldigen met de kans op een herbewerking. Daardoor worden alle aspecten die gemeten zijn meegenomen in de figuur.



Figuur 6 – Herbewerkingen per fase

Er zijn ook Pareto-diagrammen gemaakt van Herbewerkingen binnen de verschillende processtappen per fase. Deze diagram is weergegeven in bijlage 6. Uit die diagrammen valt af te lezen dat de grootste problemen zich bevinden bij de volgende processtappen:

- Maken offerte
- Gegevens verzamelen
- Aanvragen inspectie
- Inplannen verkeersmaatregelen/inspectie
- Uitwerken concept rapportage
- Interne verificatie concept rapportage
- Treffen van verkeersmaatregelen t.b.v. offerte

Bij de vragenlijst is ook aan de respondenten gevraagd waardoor de herbewerkingen veroorzaakt worden in elke processtap. De belangrijkste oorzaken van herbewerkingen zijn:

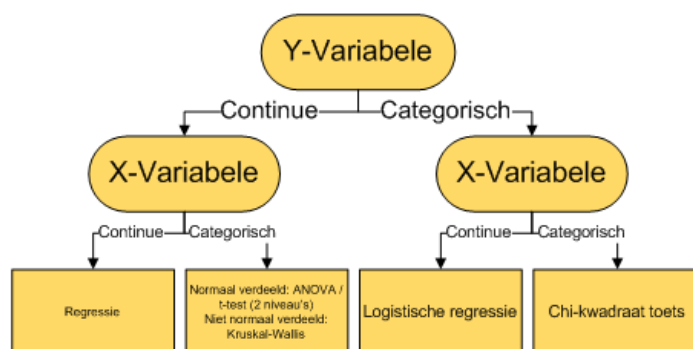
- Het verschil in verwachting tussen opdrachtgever en inspecteur
- Onduidelijkheid over het te inspecteren areaal
- Contracteisen niet meegenomen bij de inspectie en rapportage

4. Waar in het proces zijn er mogelijke verbeterpunten te vinden?

In dit hoofdstuk zullen mogelijke problemen opgespoord worden binnen het inspectieproces. Dit zal aan de hand van de data gedaan worden, maar ook door gesprekken met de betrokkenen. Daarvoor is het belangrijk om te bepalen waardoor het proces wordt beïnvloed. Dat is voor verschillende variabelen individueel getest (§4.1.) en dat is getest met behulp van verschillende combinaties van variabelen met behulp van regressieanalyses (§4.2.). Vervolgens is met de hulp van de betrokkenen bepaald waar de problemen zich bevinden (§4.3.) en welke inefficiënties er in het proces zitten (§4.4.). uiteindelijk zijn uit al deze problemen en inefficiënties te belangrijkste gekozen om te analyseren voor verbetermaatregelen (§4.5.).

4.1. Individuele invloedsfactoren

Om verschillende individuele invloedsfactoren te testen is gebruikt gemaakt van een keuzeboom om te bepalen welke statistische test gebruikt moet worden (Figuur 7).



Figuur 7 – Keuzeboom statistische toetsen

Met behulp van deze keuzeboom is voor iedere variabele de hypothese gesteld:

H_0 : De variabele heeft invloed op de bewerkingstijd / wachttijd

H_1 : De variabele heeft geen invloed op de bewerkingstijd / wachttijd

De statistische toetsen zijn uitgevoerd uitgaande van een betrouwbaarheid van 95%. De nulhypothese is dan ook verworpen als $p > 0,05$. De resultaten zijn weergegeven in de volgende tabel: (Tabel 5)

Tabel 5 – Statistische invloed variabelen op bewerkingstijd

Variabele	Wachttijd	Kilometers	Wegvakken	Soort inspectie	Nul inspectie	Projectleider	Soort opdrachtgever	Soort weg
Statistische toets	Regressie	Regressie	Regressie	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis
Resultaat	$p = 0,45$	$p = 0,00$	$p = 0,00$	$p = 0,33$	$p = 0,03$	$p = 0,07$	$p = 0,66$	$p = 0,02$
H_0 verworpen?	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee

Dezelfde toetsen zijn ook uitgevoerd met de Wachttijd (Tabel 6)

Tabel 6 – Statistische invloed variabelen op Wachttijd

Variabele	Bewerkingstijd	Kilometers	Wegvakken	Soort inspectie	Nul inspectie	Projectleider	Soort opdrachtgever	Soort weg
Statistische toets	Regressie	Regressie	Regressie	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis
Resultaat	$p = 0,45$	$p = 0,53$	$p = 0,83$	$p = 0,53$	$p = 0,92$	$p = 0,09$	$p = 0,88$	$p = 0,34$
H_0 verworpen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Zoals te zien in de tabel heeft geen enkele van de gekozen variabelen direct een significante invloed op de wachttijd ($p > 0,05$). Dat betekent dat wachttijd niet door deze variabelen maar door andere effecten wordt veroorzaakt. Deze onbekende effecten zijn niet in de data te vinden, maar door de eerdere analyse is wel duidelijk dat de meeste wachttijd in de offerte en rapportagefase te vinden zijn. Ook is al duidelijk waar de meeste herbewerkingen door ontstaan. Wachttijd is vaak een gevolg van een herbewerking. Dit alles samennemend is er dus wel een richting waarin de problemen en uiteindelijk de oplossingen gevonden zijn. Wel kunnen combinaties van variabelen nog getest worden, om te bepalen of ze een gezamenlijke invloed hebben.

4.2. Combinaties van invloedsfactoren

Vaak hebben bepaalde factoren ook onderlinge invloeden op elkaar. Daardoor kunnen bepaalde combinaties van invloedsfactoren heel andere resultaten geven dan alle variabelen apart. Daarom zijn er verschillende combinaties op een systematische wijze getoetst met behulp van regressieanalyses. Hierbij zijn ook verschillende groepen van inspecties gemaakt aan de hand van de grootte van de inspectie. Deze groepen zijn als volgt ingedeeld:

- Grote inspecties: $X > 20$ km
- Middelgrote inspecties: $20 \text{ km} > X > 5$ km
- Kleine inspecties: $5 \text{ km} > X$

Deze groepen zijn bepaald door de betrokkenen te vragen wat zij grote, middelgrote en kleine projecten vinden. Met behulp van deze groepen zijn de volgende resultaten gevonden (alleen resultaten met $p < 0,05$ zijn weergegeven). Deze analyses zijn allemaal uitgevoerd met het statistische softwareprogramma Minitab. Dit programma wordt bij Heijmans bij alle Lean Six Sigma projecten gebruikt om de data gemakkelijk te analyseren.

Tabel 7 – Regressieanalyses verschillende groepen op bewerkingstijd

Groep	Kilometers	Wegvakken	Projectleider	Soort Weg	Opdrachtgever	Reis KM	Wachttijd	Soort inspectie	Nul-inspectie	R-sq	Hoogste P
Alle	x									85,40	0,000
Alle				x						33,09	0,002
Alle									x	14,04	0,032
Alle	x	x								94,07	0,001
Alle	x		x							92,55	0,002
Alle	x								x	88,85	0,005
Alle		x	x							47,15	0,013
Alle		x		x						44,04	0,024
Alle	x	x	x							97,65	0,001
Alle	x	x						x		89,71	0,040
Alle				x		x				47,07	0,010
Klein	x									38,63	0,018
Klein				x						44,83	0,038
Klein									x	30,27	0,041
Klein	x	x								58,98	0,039
Middel	x									87,47	0,000
Middel						x				41,75	0,013
Groot	x	x								95,87	0,002
Groot	x		x							96,39	0,027
Groot	x	x	x							98,84	0,042
Totaal >>	14	9	6	4	0	2	0	2	3	<< Totaal	

Zoals af te lezen in Tabel 7 zijn er 14 combinaties gevonden waarbij het aantal kilometers van invloed is en 9 waarbij het aantal wegvakken. Deze 2 variabelen zijn dus de belangrijkste invloedsfactoren. Dit klopt ook met de verwachting dat een groter project meer bewerkingstijd kost. Verder zijn de opdrachtgever en de hoeveelheid wachttijd nooit van invloed op de hoeveelheid bewerkingstijd. Voor wachttijd is deze analyse ook uitgevoerd, maar hier kwam geen enkele keer een positief resultaat uit.

Een mogelijke oorzaak voor het feit dat het soort inspectie niet uitmaakt volgens de regressie is dat Minitab bij categorische variabelen bij regressie alleen verschil maakt in de constante en niet in de waarden van andere variabelen. Dit is echter niet verder uitgezocht in dit onderdeel.

Een ander opvallende resultaat is dat volgens de analyse het soort inspectie geen invloed heeft op de bewerkingstijd, echter klopt dit niet met de verwachting. Dit alles samen heeft als resultaat Figuur 8, waarin per invloedsfactor is bepaald of die invloed heeft op één of meerdere andere variabelen. Van enkele variabelen is de onderlinge invloed niet getest, omdat dit geen enkel nut zou hebben. Deze zijn dan ook grijs gearceerd in de figuur. Een uitgebreide versie van de figuur is weergegeven in Bijlage 7.

Verschillende invloedsfactoren	Bewerkingstijd	Wachttijd	Herbewerkingen	Kilometers	Wegvakken	Soort inspectie	Nul inspectie	Projectleider	Soort opdrachtgever	Soort Weg
Bewerkingstijd										
Wachttijd										
Herbewerkingen	x	x								
Kilometers	x									
Wegvakken	x			x						
Soort inspectie				x						
Nul inspectie	x									
Projectleider										
Soort opdrachtgever										
Soort Weg	x									

Figuur 8 - Invloedsfactoren

4.3. Problemen in het proces

Uit de data blijkt dat de grootste problemen vooral de spreiding van de prestaties is, als te lezen valt in Tabel 3. Dit is als gevolg van het ontbreken van standaardprocedures en standaardinformatie. Het inspecteren zelf gaat wel goed, maar het proces er omheen heeft veel last van schommelingen in de hoeveelheid uren en wachttijd. Dit is ook een gevolg van de hoeveelheid herbewerkingen. Met dit in het achterhoofd is er verder geanalyseerd met de data. Hierbij is niet alleen de analyse gebruikt als beschreven in Hoofdstuk 3, maar ook de gegevens en grafieken uit Bijlage 6.

Samen met de betrokkenen bij het proces is er een brainstorm geweest. Bij deze brainstorm is bepaald met welke problemen ze te maken hebben en wat de oorzaken daarvan zijn. In totaal zijn er 63 problemen naar voren gekomen die in meer of mindere mate het inspectieproces beïnvloeden. Vervolgens is voor elk probleem de kans op voorkomen, het effect en de mogelijkheid tot voorkomen van het probleem bepaald. Dit is in een zogenoemde FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) geplaatst. De kans op voorkomen, het effect en de mogelijkheid tot voorkomen zijn ingedeeld met behulp van de volgende categorieën: (Tabel 8). Bij de brainstorm was er ondersteuning van de eerder gemaakte analyses van het proces, waardoor tijdens het brainstormen al rekening werd gehouden met de werkelijke grootste problemen binnen het proces.

Tabel 8 – FMEA indeling

Kans: hoe vaak komt het voor?	P	Effect: wat is het effect?	E	Kunnen we het voorkomen?	O
Nooit: komt nooit voor of is nog nooit voorgekomen - 0 keer	1	Geen effect: geen tijd en geen geld	1	Het aspect ontstaat zonder waarschuwing, plotseling	1
Zeer klein: komt waarschijnlijk niet voor	2	Geen effect (nihil), kleine procesverstoring, enkele uren: 0 - 200 euro	2	Grote kans dat het plotseling optreedt of het valt buiten onze invloedssfeer. We kunnen niets aan de voorkant doen	3
Klein: komt zeker voor tijdens inspectie - hoe vaak weten we niet	4	Bijna geen effect, uren, kleine procesverstoring: 200 - 500 euro	4	Soms wel, soms niet	5
Middel: komt 1x per jaar voor	5	Minimaal effect, tot 1 week vertraging meer dan 5 uur extra: 500 - 1.000 euro	6	Tijdens de voorbereiding of uitvoering komt het aspect boven	6
Voldoende: komt 4x per jaar voor	7	Gemiddeld effect, 1-2 weken vertraging of > 1.000 euro	8	Tijdens de offertefase komt het aspect boven	8
Groot: komt maandelijks voor	9	Groot effect, > 2 weken vertraging of meer dan 2.500 euro	10	Wanneer we het organiseren, kunnen we het voorkomen. We kunnen veel aan de voorkant doen	10
Zeer groot: komt bij nagenoeg alle inspecties voor	10				

Door de kans, effect en mogelijkheid tot preventie met elkaar te vermenigvuldigen ontstaan er een Risico PrioriteitsNummer (RPN). Door de problemen met de hoogste RPN waarde te nemen kunnen de belangrijkste problemen beoordeeld en verbeterd worden. De problemen met de hoogste RPN zijn de volgende (Tabel 9) de volledige FMEA is weergegeven in Bijlage 8:

Tabel 9 – FMEA belangrijkste problemen

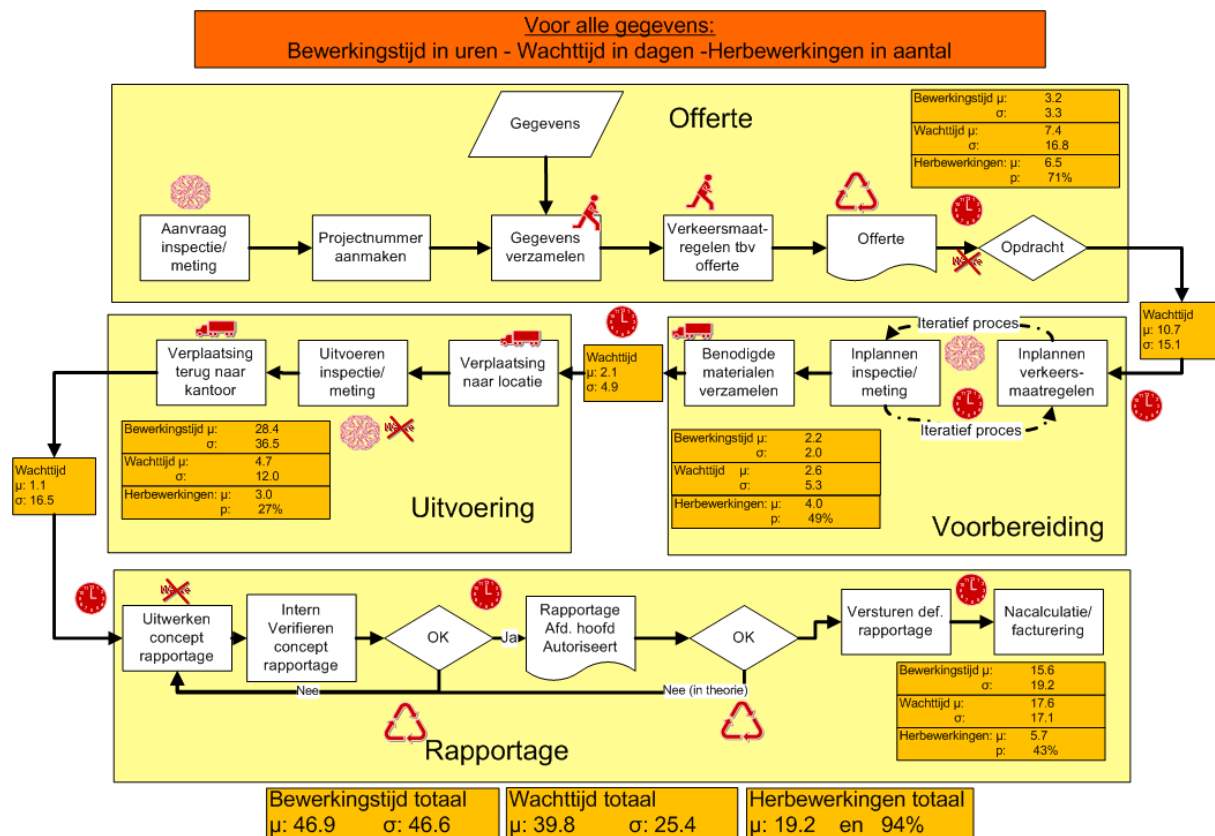
Processtap	Faalwijze	Oorzaak	P	E	O	RPN
Uitvoeringsfase	Onnodige bewerkingstijd	Areaal gegevens niet duidelijk	10	8	8	640
Offertefase	Herbewerkingen	Contracteisen niet meegenomen gedurende het project	7	8	10	560
Offertefase	Wachttijd	Onduidelijke offerte	7	8	8	448
Offertefase	Herbewerkingen	Onduidelijke uitvraag klant	7	8	8	448
Offertefase	Herbewerkingen	Offerte sluit niet aan op vraag	7	8	8	448
Uitvoeringsfase	Onnodige bewerkingstijd	Lange reistijden	7	8	8	448
Vorbereidingsfase	Wachttijd	Beschikbaarheid medewerkers HIP	7	8	8	448
Rapportagefase	Wachttijd	Capaciteit/prioriteit Project Leider voor controle uren / facturatie	9	8	6	432
Uitvoeringsfase	Informatieverlies	Slechte overdracht, bijv. bij vakanties	5	8	10	400
Offertefase	Bewerkingstijd	Inspectie wordt uitgevoerd, terwijl dat misschien niet nodig is. Afweging vaak ad-hoc en raakvlak andere metingen ontbreekt	4	10	10	400
Offerte / Voorbereiding	Herbewerkingen	Na meting blijkt reparatie nodig, maar is precieze locatie schades niet duidelijk	4	10	10	400
Offertefase	Wachttijd	Beslissingssnelheid van de interne klant	7	6	8	336
Offertefase	Wachttijd	Beschikbare capaciteit voor opstellen offerte	5	8	8	320
Uitvoeringsfase	Werkzaamheden stagneren	Vergunning niet aanwezig	5	10	6	300

In de bovenstaande tabel (Tabel 9) staan alleen de problemen met een RPN hoger dan 300. In totaal zijn er 63 problemen boven tafel gekomen tijdens de brainstorm.

Door een expert die niet aanwezig was bij de brainstorm te vragen of hij zich kan vinden in de resultaten is het geheel gevalideerd. Dit betekent dat 1 persoon apart achteraf is gevraagd of hij zich in de resultaten kan vinden. Deze persoon is projectleider, waardoor hij een goed beeld van het proces heeft. Daardoor kon hij alle resultaten bevestigen of weerleggen.

4.4. Inefficiënties

Een vaak gehoorde zin bij het implementeren van verbeteringen is de volgende: 'Maar dat doen we altijd al zo'. Dat betekent meestal dat een bepaalde inefficiëntie in het proces is geslopen door de jaren heen, die veel beter aangepakt, of zelfs helemaal uit het proces verwijderd kan worden. Om die inefficiënties te vinden zijn de 8 verspillingen binnen LEAN (Bijlage 1) gebruikt tijdens een brainstorm met betrokkenen, waarbij er kritisch naar alle processtappen is gekeken. De inefficiënties zijn grafisch weergegeven binnen het gehele proces met behulp van icoontjes in de proces flowchart. Ook zijn de huidige prestaties al toegevoegd aan de stroomdiagram. Tezamen vormt dit de Value Stream Map. (Figuur 9)



Figuur 9 – Value Stream Map

Voor alle inefficiënties zijn ook de belangrijkste oorzaken geformuleerd. Deze zijn in Tabel 10 weergegeven. In de volgende paragraaf (§4.5.) zal beoordeeld worden of deze inefficiënties verbeterd moeten worden.

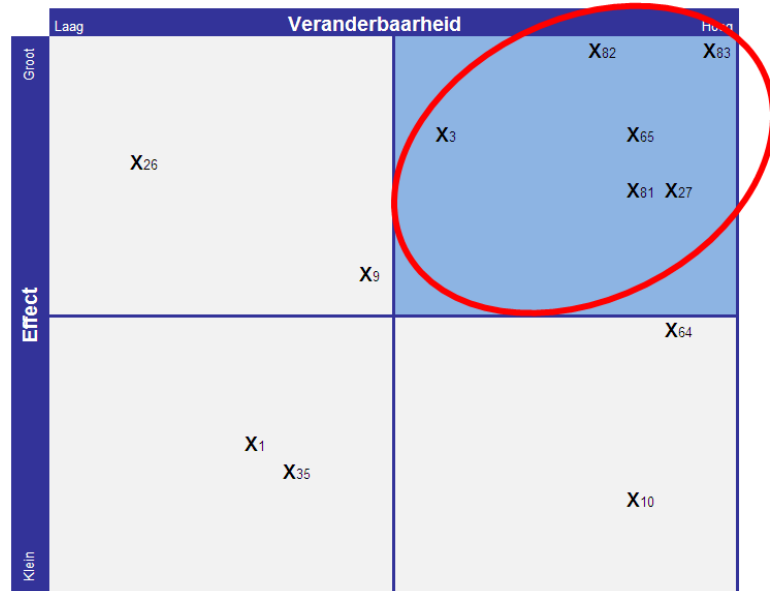
Tabel 10 – Procesinefficiënties

Stap	Soort verspilling	Oorzaak
Aanvraag inspectie/meting	Complexiteit	Geen standaardprocedure
Gegevens verzamelen	Beweging	Veel onduidelijk en slecht afgebakend.
Verkeersmaatregelen t.b.v. offerte	Beweging	Onnodig veel werk
Offerte maken	Herbewerking	Zitten vaak fouten in of dingen die de opdrachtgever niet begrijpt of ander interpreteert. Ook niet altijd projectspecifiek.
Opdracht ontvangen	Wachtijd	Opdrachtgever heeft niet altijd tijd
Inplannen verkeersmaatregelen	Verspilling	De opdracht wordt niet altijd gegund
Inplannen inspectie	Wachtijd	Zodra opdracht binnen is wordt niet direct gestart
Verplaatsing naar locatie	Complexiteit	Iteratief proces met VKM
Uitvoering inspectie	Wachtijd	Vaak procedurele wachtijd i.v.m. VKM
Uitwerking concept rapportage	Transport	Je moet er heen
Interne verificatie	Complexiteit	Situatie in het veld is altijd anders dan op papier
Autorisatie	Verspilling	Vaak op papier uitgewerkt, waarna het op kantoor digitaal moet
Nacalculatie	Wachtijd	Wordt vaak niet direct mee begonnen na de inspectie
	Verspilling	Uitwerking van papier naar digitaal
	Herbewerking	Vaak foutjes in het rapport
	Wachtijd	Niet altijd direct uitgevoerd
	Herbewerking	Vaak alsnog foutjes
	Wachtijd	Rekening wordt vaak pas heel laat verstuurd.

4.5. Belangrijkste problemen

De belangrijkste problemen als besproken in de voorgaande paragrafen zijn samengevoegd en in de prioriteringsmatrix ingevuld. Deze matrix gaat uit van het effect en de veranderbaarheid van problemen. In de FMEA werd de kans op voorkomen ook nog meegenomen, maar als iets weinig voorkomt en toch een heel groot effect en een grote veranderbaarheid heeft, wil je dat probleem alsnog aanpakken. Daarom is de kans op voorkomen in de prioriteringsmatrix niet meegenomen.

Door de invloeden van de procesmatrix grafisch in te delen in de prioriteringsmatrix kan overzichtelijk bepaald worden welke invloedsfactoren geoptimaliseerd kunnen worden binnen het project. Hiervoor zijn de faalwijzen genomen die in de FMEA en de procesmatrix de hoogste scores hadden (o.a. RPN). Ook de inefficiënties uit paragraaf 4.4. zijn meegenomen bij dit proces. Al deze problemen zijn beoordeeld of ze belangrijk genoeg zijn om mee te nemen. Dit heeft de prioriteringsmatrix opgeleverd te zien in Figuur 10.



Figuur 10 – Prioriteringsmatrix en bijbehorend faalwijzen

De belangrijkste faalwijzen zijn rood omcirkeld. Die zullen voorgelegd worden aan de betrokkenen om gezamenlijk verbetervoorstellen te doen. Door dit gezamenlijk te doen zal er ook draagvlak gecreëerd worden en kan hun kennis en ervaring optimaal worden benut. Deze 6 problemen zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 – Belangrijkste faalwijzen

X1	Beschikbare capaciteit voor opstellen offerte
X3	Beschikbaarheid medewerkers HIP
X9	Prioriteit / Capaciteit projectleider t.b.v. controle uren / facturatie
X10	Eenduidigheid is niet altijd geborgd
X26	Onduidelijke uitvraag klant
X27	Offerte sluit niet aan op de vraag
X35	Lange reistijden
X64	Onduidelijke offerte
X65	Areaal gegevens niet duidelijk
X81	Contracteisen niet meegenomen bij inspectie
X82	Inspectie wordt gewoon uitgevoerd. Afweging vaak ad-hoc. Raakvlak met andere metingen ontbreekt
X83	Meting gedaan, om er achter te komen dat reparatie nodig is, waardoor er extra gemeten moet worden

De verwachting is dat door deze 6 problemen op te lossen of te verminderen het totaal aantal herbewerkingen, de totale wachttijd en de totale hoeveelheid bewerkingstijd significant zal dalen, omdat dit de problemen zijn die het meeste effect hebben en het beste te verhelpen of voorkomen zijn.

5. Zijn er verschillen tussen de verschillende soorten visuele inspecties en wanneer is welke soort het meest geschikt?

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verschillende soorten inspecties die gebruikt kunnen worden om verschillende wegeigenschappen te detecteren (§5.1.). Door de verschillende manieren van inspecteren te vergelijken kan in de toekomst een betere afweging gemaakt worden tussen de soorten inspecties. Met name het verschil tussen video-inspecties en globale inspecties wordt nader bepaald, omdat deze soorten inspecties wat betreft resultaten zo vergelijkbaar zijn. Door de kostenverschillen in kaart te brengen kan er in de toekomst een beter afweging gemaakt worden over welke inspectie te gebruiken (§5.2.). In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk (§5.3.) worden ook nog mogelijke alternatieven behandeld die in het buitenland al (veelvuldig) gebruikt worden.

5.1. Verschillen tussen inspecties

Er zijn 3 verschillende soorten visuele inspecties (globaal, gedetailleerd en video). Verder zijn er ook nog andere soorten wegininspecties (Zie Bijlage 2). Bij de Garantiecontracten en Variabele onderhoudscontracten bepaald Heijmans zelf wanneer een bepaalde inspectie nodig is. Door deze inspecties goed te plannen is het mogelijk om bepaalde inspecties te combineren.

Dit combineren kan tussen verschillende arealen zijn, bijvoorbeeld een video-inspectie op 2 verschillende snelwegen combineren, waardoor de videoauto maar 1 keer ingehuurd hoeft te worden. Echter kan het ook betekenen dat als er een ARAN meting heeft plaatsgevonden, de globale inspectie niet meer nodig is. Dit omdat de verschillende inspecties deels dezelfde schades herkennen.

In Bijlage 2 is ook het soort schade dat herkend kan worden met behulp van de verschillende inspecties gegeven. Dit kan zeker van pas komen bij de afweging om een bepaalde inspectie uit te voeren. De globale visuele inspectie en de video-inspectie zijn wat betreft resultaat vergelijkbaar, echter is het bij video-inspecties mogelijk om de beelden achteraf als bewijs te gebruiken bij een mogelijk geschil met de opdrachtgever (vaak Rijkswaterstaat).

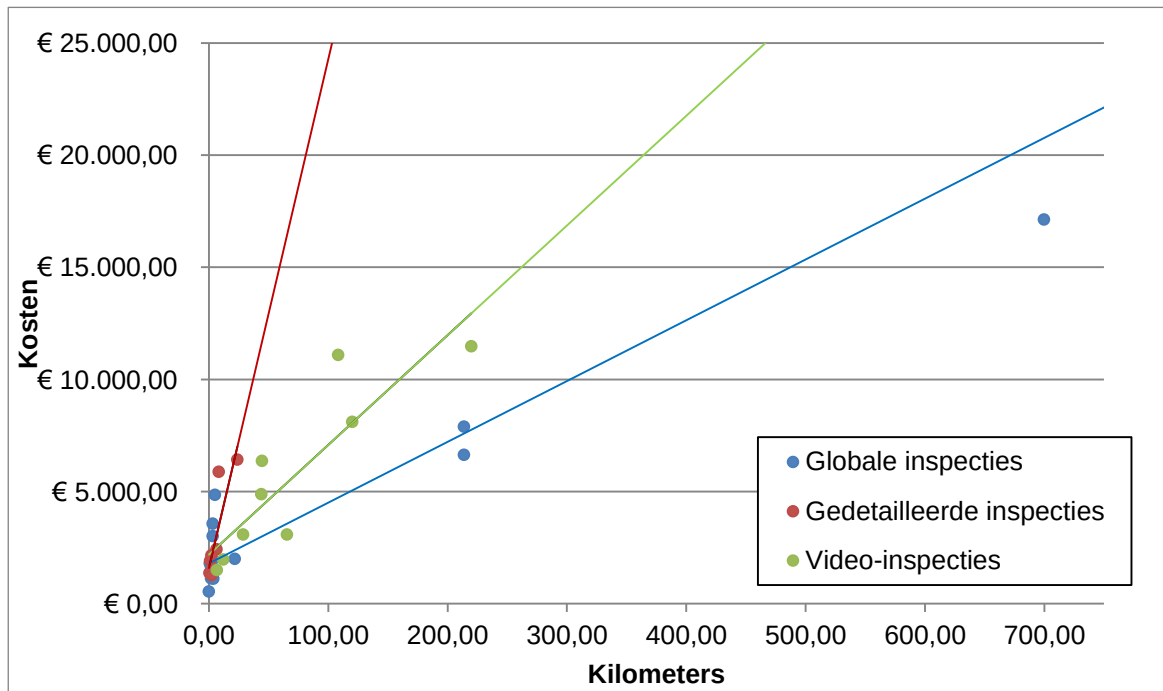
Het komt wel eens voor dat de opdrachtgever op een latere datum controleert of aan de contracteisen wordt voldaan dan dat Heijmans die controle uitvoert. Als er dan in de tussentijd nog schade ontstaat, kan het bewezen worden dat op de peildatum die schade nog niet aanwezig was.

Als goed wordt gekeken naar het verschil tussen de gedetailleerde inspectie en de andere twee (globaal en video) kan verondersteld worden dat er een groot verschil is in het uiteindelijke resultaat. Daarom is het belangrijk dat het duidelijk is waarom een inspectie wordt uitgevoerd. Als het doel is om een algeheel beeld te krijgen van de staat van het areaal is een gedetailleerde inspectie niet nodig, maar als het doel is om reparaties uit te voeren, is het wel nodig een gedetailleerde inspectie te doen.

5.2. Kosten video-inspecties ten opzichte van globale inspecties

Omdat een globale inspectie en een video-inspectie ruwweg dezelfde resultaten geeft, is bepaald of deze soorten inspectie kostentechnisch ook vergelijkbaar zijn. Verder worden de video-inspecties pas sinds enkele jaren toegepast, dus wordt ook bepaald of deze inspecties in die paar jaar misschien goedkoper zijn geworden dan dat ze eerst waren.

Om te bepalen of er verschil in de soorten inspecties zit wat betreft kosten is er eerst een puntenwolk gemaakt, met daarin de verschillende soorten inspecties en regressielijnen. (Figuur 11)



Figuur 11 – Puntenwolk verschillende inspecties met kilometers tegenover de kosten

Er moet worden opgemerkt worden dat bij de kosten van de globale inspecties alleen de gewerkte uren zijn meegenomen en niet de kosten voor bijvoorbeeld benzine of de afschrijving van de bedrijfswagen. Daarom geeft deze grafiek een vertekend beeld, en

zouden de kosten van de globale inspectie hoger moeten liggen. Wel is dit slechts een klein deel van de totale kosten. Omdat bij de video-inspecties de beelden door een extern bedrijf gemaakt worden, zijn deze kosten wel meegenomen in deze vergelijking. Deze waren namelijk wel beschikbaar in de dataset.

Regression Equation

Video-inspecties

Kosten (€) = 344,958 + 116,346 Kilometers

Gedetailleerde inspecties

Kosten (€) = 1283,19 + 212,829 Kilometers

Globale inspecties

Kosten (€) = 2022,28 + 26,854 Kilometers

Vergelijking 1 – Regressieformules verschillende inspecties

Zoals blijkt uit de figuur is de globale inspectie vooral bij grote inspecties goedkoper dan de video-inspecties. De video-inspecties en gedetailleerde inspecties hebben veel meer kosten per kilometer. Dit blijkt ook uit de regressieformules (Vergelijking 1)

De regressievergelijkingen zijn uitgevoerd door een regressieanalyse toe te passen op de dataset, waarbij de data is gesorteerd op soort inspectie. Deze regressie is uitgevoerd met de volgende variabelen: y = kosten (€), x = kilometers, soort inspectie. Alle gebruikte invloedsfactoren zijn hierbij significant ($p < 0,05$), en de R^2 is ook bij alle vergelijkingen hoog ($R^2 > 90\%$).

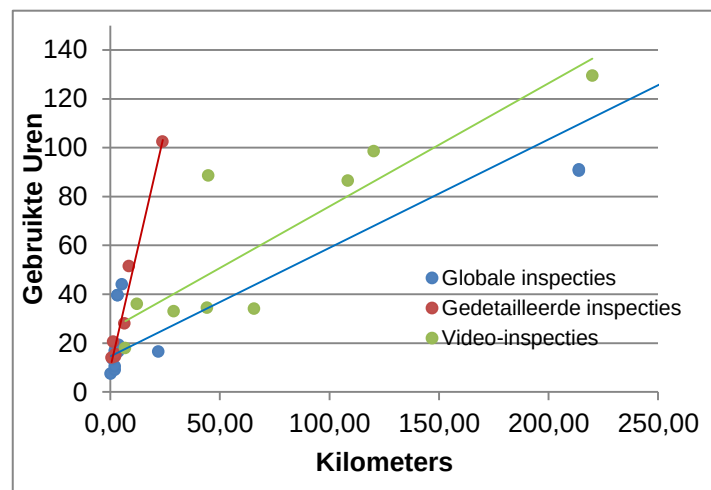
Indien wordt ingezoomd op de projecten kleiner dan 100 kilometer, ontstaat er een andere lijn voor de globale inspecties. Dat is echter vooral als gevolg van de grote spreiding van uren en kosten tussen vergelijkbare projecten. Hieruit kan dus vooral geconcludeerd worden dat de kleinere projecten lang niet altijd even efficiënt worden uitgevoerd.

Met behulp van deze puntenwolk en deze vergelijkingen kan voor toekomstige inspecties bepaald worden of een globale inspectie, of toch een video-inspectie kostentechnisch de voorkeur heeft. Echter zijn er ook nog andere voor- en nadelen bij de verschillende inspecties. Deze staan in Tabel 12. Deze voor- en nadelen moeten altijd meegewogen worden bij het maken van de keuze voor een bepaalde inspectie.

Tabel 12 – Voor en nadelen globale- en video-inspecties

Soort inspectie	Voordelen	Nadelen
Globale inspectie	- Goedkoper - Inspecteur is zelf op locatie aanwezig, waardoor hij een beter overzicht heeft en bepaalde dingen beter kan beoordelen	- Veiligheid - De inspecteur moet als de locatie ver is ook ver rijden - Inspecteur mag niet stilstaan op de vluchtstrook, dus hij heeft maar 1 kans om het goed te zien.
Video-Inspectie	- Veiligheid van de inspecteur - Door data opslag is de situatie tijdens inspectie altijd terug te kijken	- Afhankelijkheid van videobeelden

Omdat voor globale inspecties niet alle kosten bekend zijn en dit een vertekend beeld geeft is dezelfde analyse ook nog gedaan met behulp van de gebruikte uren. Hierbij is te zien (Figuur 12) dat video-inspecties initieel een hogere hoeveelheid uren nodig hebben, maar daarna per kilometer ongeveer evenveel als globale inspecties. Als dan de andere voordelen worden meegewogen (veiligheid en data opslag) lijken de video-inspecties toch een betere optie dan de globale inspecties, waarbij de veiligheid als belangrijkste reden dient.



Figuur 12 – Kilometers tegenover uren voor verschillende inspecties

5.3. Bestaande alternatieven voor visuele inspecties

Momenteel zijn er in de wereld enkele ontwikkelingen gaande ten aanzien van automatische visuele inspecties (Alkire, 2009) (Sidney A. Guralnick, 1996). Het is mogelijk dat binnen deze ontwikkelingen nog kansen liggen voor Heijmans om hun eigen processen aan te pakken en te verbeteren. Daarom is er een kort literatuuronderzoek naar deze ontwikkelingen gedaan. Deze ontwikkelingen zijn grofweg in 2 categorieën in te delen, namelijk met zichtbaar licht scannen en met laserlicht scannen. Binnen het zichtbare spectrum is er nog de mogelijkheid om het natuurlijk licht te gebruiken (zonlicht) of om kunstmatig het wegooppervlak te verlichten. Er zijn nog andere methodes zoals infrarood (Oloufa, Mahgoub, & Ali, 2007) of ultrasone geluidsgolven om bepaalde eigenschappen van het wegdek te meten, maar die worden veel minder gebruikt in de praktijk.

Als eerste is er de mogelijkheid om foto/video beelden te maken van het te inspecteren wegvak, waarna de computer dit gaat beoordelen op onder andere scheurvorming. Het probleem hierbij is dat het een gigantische hoeveelheid data oplevert en ook erg veel rekenkracht van de computer om alles te verwerken. Verder heeft het voor een computer lastig om schaduwen te herkennen en om kleine scheurtjes of rafeling te ontdekken. De computer meet het contrast tussen verschillende pixels, omdat scheuren over het algemeen donkerder zijn dan de rest van het wegooppervlak (Huang & Xu, 2006). Zo af en toe zijn de scheuren echter ook lichter (bijvoorbeeld als er nog zout van het strooien in zit) en daar zal de software dan ook rekening mee moeten houden bij het detecteren van scheuren in de weg. Door de jaren heen is er wel al veel verbetering in de verschillende systemen gekomen. In 2011 was het al een stuk geavanceerder (Chambon & Moliard, 2011). Deze systemen werken wel het beste indien de wegkwaliteit niet heel slecht is, want dan is het voor het systeem lastig om alles te kunnen onderscheiden.

Vervolgens is er de mogelijkheid om het wegdek te 'scannen' met lasers. In Duitsland bij het Fraunhofer Instituut zijn ze hier al ver mee gevorderd (Reiterer, 2013). Ook dit heeft een aantal minpunten, namelijk dat er bij deze lasers een bepaalde resolutie is en de technologie nog niet zo ver gevorderd is dat die resolutie scherp genoeg is om alle scheuren te ontdekken. Wel kunnen lasers rafeling ontdekken. Niet alleen in Duitsland zijn ze er mee bezig. Ook in onder andere de VS en Canada wordt er onderzoek naar gedaan (Laurent et al, 1997).

Verder is er al onderzoek gedaan naar automatische inspecties, bijvoorbeeld in de VS door de overheid. De resultaten daarvan waren dat, ondanks de verhoogde veiligheid en het verwijderen van de menselijke factor de automatische inspecties niet genoeg kwaliteit hebben om de handmatige inspecties te vervangen. Daarvoor is de techniek nog niet ver genoeg gevorderd. (Transportation Research Board of the national academies, 2003). En ondanks dat dit onderzoek al uit 2003 dateert, is het in de afgelopen 10 jaar nog niet heel veel veranderd. Wel worden de automatische inspecties in de VS toegepast om drukke wegen te controleren.

Een van de redenen dat deze methodes goed genoeg zijn voor de VS is de eisen die daar aan het wegdek worden gesteld en de eisen die in Nederland worden gesteld. In Nederland zijn de eisen vele malen strenger dan in de VS. Indien hier een scheurtje in het wegdek zit van slechts enkele millimeters breed wordt dat al als gevaarlijk gezien, terwijl er in de VS dan nog geen belletje rinkelt.

Al met al zijn er al verschillende systemen op de markt die goed gebruikt kunnen worden bij visuele inspecties vanwege de verhoogde veiligheid en het elimineren van de menselijke interpretatie. Echter heeft elk systeem zo zijn nadelen en zijn de systemen in aanschaf erg duur. Daarbij komt dat Heijmans niet fulltime bezig is met inspecteren, waardoor de aanschaf van zo een duur systeem overbodig lijkt. Verder is er nog het nadeel van de vele kilometers ZOAB in Nederland. Deze systemen werken niet bij ZOAB omdat het zo poreus is en deze systemen het verschil tussen scheuren of rafeling en de open structuur van ZOAB niet herkennen (Robbroch, 2013).

6. Wat zijn effectieve verbeteracties om de grootste problemen aan te pakken en hoe moeten deze worden geïmplementeerd?

In dit hoofdstuk zullen kort alle verbeteracties uitgelegd worden (§6.1.). Deze verbeteracties zijn ook de aanbevelingen richting Heijmans. Voor de implementatie van deze verbeteracties is een implementatieplan opgesteld. Deze is opgenomen in de bijlagen (Bijlage 11). Vervolgens is de planning voor de implementatie gegeven in §6.2., waarna de rollen tijdens de implementatie in §6.3. worden behandeld.

6.1. Verbeteringacties

In deze paragraaf zullen de gevonden verbeteracties uitgelegd worden.

1. *Standaardisatie vastlegging inspectiegrenzen*

Er is een verschil tussen werkgrenzen (de grenzen van het nieuw aangelegde werk), de garantieline (de grenzen waarbinnen de garantie valt) en de inspectiegrenzen (dat wat geïnspecteerd moet worden). Deze moeten vastgelegd worden met behulp van een shapefile, waardoor dit in een GIS omgeving kan worden ingeladen. Hierdoor is het voor iedereen duidelijk. Dit is een kleine moeite aangezien een werk altijd wordt ingemeten zodra het klaar is.

Verder moet er een afspraak gemaakt worden over hoe het verschil in de grenzen wordt aangegeven in de bestanden. De voorkeur heeft om dit onderscheidt met behulp van kleuren duidelijk te maken. Deze afspraken moeten binnen Heijmans gemaakt worden tussen de uitvoerende organisaties die de wegen aanleggen en de personen die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud, zoals de garantiedesk.

2. *Standaard vragenlijst bij aanvragen inspectie*

Doordat er vragen gesteld worden over de aard en noodzaak van de inspectie is het voor de opdrachtgever en de opdrachtnemer duidelijker wat de onderlinge verwachtingen zijn. Ook is het mogelijk dat de opdrachtgever door er over na te denken tot de ontdekking komt dat de inspectie helemaal niet nodig is (eventueel met hulp van de opdrachtnemer). De vragenlijst zal de volgende vragen bevatten:

- Welke schades wil je meten en welke eisen zijn daarbij gesteld?
- Waarom wil je dat meten?
- Welke metingen zijn op dat wegvak al gedaan en wanneer?
- Wat zijn de inspectiegrenzen? Zijn deze al beschikbaar in GIS?

Door op deze vragen standaardantwoorden te geven met behulp van meerkeuze vragen kan iedere inspectie projectspecifiek uitgevoerd worden, maar toch binnen een bepaalde marge waardoor interpretatieverschillen (bijna) niet mogelijk zijn. Er is al een eerste opzet gemaakt voor de vragenlijst in Bijlage 9.

3. *Terugkoppeling voordat inspectie begint*

Er moet zodra de inspectiemethode is uitgewerkt aan de hand van de vragenlijst uit verbeteractie 2, een feedback moeten komen richting de (interne) opdrachtgever. In deze feedback zal de inspectiemethode, de gehanteerde eisen en alle te inspecteren schades vermeld worden. Ook het te inspecteren areaal zal worden gecontroleerd. Een eerste opzet voor het feedbackformulier is te vinden in Bijlage 10.

4. Centrale planning

Er zijn verschillende contracten binnen Heijmans, die allemaal inspecties nodig hebben. Voor deze contracten zijn verschillende personen verantwoordelijk, waardoor er geen afstemming is bij het aanvragen van de inspecties. Met behulp van een centrale planning voor alle verschillende contracten ontstaat er een betere afstemming. Deze planning zal centraal toegankelijk moeten zijn en beheerd door één toegewezen persoon, waardoor er ook iemand verantwoordelijk is voor de planning. Dit zorgt er voor dat er ook iemand op kan worden aangesproken indien de planning niet correct gebruikt wordt of mensen zich er niet aan houden.

De planning kan op verschillende manier gemaakt worden. De voorkeur heeft een Excel bestand, waarbij iedereen het kan gebruiken en er gemakkelijk dingen kunnen worden toegevoegd of verwijderd. In dit Excel bestand zal voor elk areaal een planning moeten staan voor elk jaar wanneer welke inspectie zal moeten plaatsvinden. Door een tijdslijn te gebruiken waaronder alle arealen op een rijtjes staan kunne de verschillende arealen gemakkelijk vergeleken worden.

5. Vaker schouw toepassen i.p.v. daadwerkelijke inspectie

Door een schouw toe te passen kan het algemene beeld van het areaal in kaart gebracht worden, zonder de kosten van een daadwerkelijke inspectie. Bij een schouw moet er nog steeds over het areaal gereden worden, maar niet met een slakkengangetje zoals bij een globale inspectie. Ook hoeft er niet vele uren aan de uitwerking van de rapportage te worden gespendeerd zoals bij een video-inspectie. Daardoor is een schouw vele malen goedkoper dan een daadwerkelijke Visuele inspectie. Echter om een schouw te kunnen gebruiken als vervanging voor inspecties, moet er wel een vorm van rapportage zijn en de opbouw van een dossier. Dan hoeft een inspectie pas uitgevoerd worden zodra de schade op het areaal ernstig is of aan het einde van het contract.

Om te bepalen of er een daadwerkelijke inspectie nodig is kan gedacht worden aan een fotosysteem, waarbij er voor iedere schade 3 foto's beschikbaar zijn. Één foto met lichte schade, één foto met matige schade en één foto met ernstige schade. Hierdoor kan na het uitvoeren van de schouw de situatie buiten worden vergeleken met de foto's. Indien het areaal in de categorie lichte schade valt is er niets aan de hand. Indien de schade in de categorie matige schade valt zal er overleg moeten worden gepleegd met bijvoorbeeld de garantiedesk en indien de schade ernstig is zal er een daadwerkelijke inspectie uitgevoerd moeten worden, met als eventueel gevolg reparaties.

Hierdoor ontstaat er een systeem waarbij iedereen ongeveer dezelfde categorieën en termen gebruikt, want indien de foto's niet worden gebruikt heeft iedereen een andere interpretatie van licht, matig en ernstig. Doordat iedereen dezelfde categorieën en termen gebruikt is het ook duidelijk wat er bedoelt wordt bij alle betrokkenen.

6. Centrale administratie van gegevens

Door data centraal op te slaan is het voor alle betrokkenen mogelijk om erbij te kunnen, waardoor er minder moeite hoeft worden gedaan om bij informatie te komen. Momenteel wordt er heel veel via de e-mail verstuurd, maar door centrale opslag is dat niet nodig. Wel moet er dan duidelijk zijn of een bepaald document al definitief is of dat het nog een werkversie is. Dit kan door zodra het definitief is een PDF te maken van het document. Hierin kan niet gewijzigd worden en daardoor is het voor alle betrokkenen duidelijk dat de informatie niet meer veranderd wordt.

Een ander doel van de data is om continue verbeteringen in het proces te borgen doordat er in de data ook gegevens moeten zitten over wat er goed of fout is gegaan bij een inspectieproces. Indien dit netjes geregistreerd wordt kan er eens of meerdere keren per jaar bepaald worden hoe het in de toekomst beter kan, aan de hand van de problemen en oplossingen die men gedurende het jaar is tegengekomen.

Door data te verzamelen over hoe projecten lopen, is het mogelijk te sturen indien er bij bepaalde projecten dingen fout gaan. Dit zal in combinatie gaan met het beheersingsplan

Beheersingsplan

Om ervoor te zorgen dat deze verbeteracties ook daadwerkelijk worden geïmplementeerd en toegepast in de praktijk is er een beheersingsplan gemaakt. In Bijlage 12 is het Beheersingsplan nader toegelicht. In Bijlage 16 is zijn de 'Out of Control Action Plans' te vinden. Deze treden in werking zodra de norm/specificatie uit het beheersingsplan niet wordt gehaald.

BEHEERSINGSPLAN (CONTROL PLAN)							
Proces: <u>Visuele wegininspecties</u>						Versie: _____	
Proceseigenaar: <u>Matthijs Haveman</u>							
Meting	Wie	Hoe	Waar	Wanneer	Rapportage	Norm / spec.	Welke OCAP
Totaal uren Globale inspectie	Projectleider	OHW kaart of teamsite pilot	Centrale data administratie	Elke week	Teamsite	Nader te bepalen	OCAP uren visuele wegininspecties
Totaal uren Gedetailleerde inspectie	Projectleider	OHW kaart of teamsite pilot	Centrale data administratie	Elke week	Teamsite	Nader te bepalen	OCAP uren visuele wegininspecties
Totaal uren Video-inspectie	Projectleider	OHW kaart of teamsite pilot	Centrale data administratie	Elke week	Teamsite	Nader te bepalen	OCAP uren visuele wegininspecties
Doorlooptijd	Projectleider	OHW kaart of teamsite pilot	Centrale data administratie	Elke week	Teamsite	Nader te bepalen	OCAP doorlooptijd visuele wegininspecties

Figuur 13 - Beheersingsplan

6.2. Planning voor implementatie

Voor de implementatie van de verbeteracties is een planning opgesteld. Door deze planning te hanteren is het voor de verantwoordelijken duidelijk wanneer een volgende fase van implementeren voltooid moet zijn. De implementatie van de verbeteracties is als volgt opgebouwd (Figuur 14):

Planning implementatie verbeteracties																															
Nr	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															

legenda:

: verbeteractie wordt gepland

: verbeteractie wordt gecommuniceerd

: verbeteractie wordt geïmplementeerd (test-fase)

: verbeteractie wordt zonodig aangepast en verder uitgerold

: verbeteractie is operationeel (uitlooptijd)

: verbeteractie is niet operationeel (vertraagd)

Verbeteracties

1.

Vastlegging grenzen

2.

Vragenlijst vooraf

3.

Feedback voor inspectie

4.

Centrale planning

5.

Vaker schouw gebruiken

6.

Centrale data administratie

Figuur 14 – Planning voor implementatie van de verbeteringen

Zoals te zien in de planning is een simpele verbetering als een vragenlijstje, of een feedbackformulier in enkele weken te implementeren. Een centrale planning of centrale registratie van inspectiegegevens daarentegen duren langer.

6.3. Verantwoordelijken voor de implementatie

Bij de implementatie van de verbeteringen is er bij elke verbeteringen iemand verantwoordelijk, iemand die de probleemeigenaar is, een aantal mensen die input kunnen geven over hoe de verbetering in te voeren en een aantal mensen die geïnformeerd moeten worden over de nieuwe werkwijze. Daarom is de volgende 'RACI' tabel gemaakt, zodat het voor iedereen duidelijk is wie de verbeteringen gaat doorvoeren (Tabel 13).

Tabel 13 – RACI (responsible-accountable-consulted-informed) tabel

Verbeteractie	Responsible	Accountable	Consulted	Informed
Standaardisatie inspectiegrenzen	Garantiedesk (John Adriaansen)	Matthijs Haveman	Uitvoeringsorganisatie	-
Vragenlijstje vooraf	Sietse Robroch	Matthijs Haveman	Verantwoordelijke per contract	-
Feedback voor inspectie	Sietse Robroch	Matthijs Haveman	Verantwoordelijke per contract	-
Centrale planning	Landolin Boender	Matthijs Haveman	Sietse Robroch	Garantiedesk, VOC
Schouw beter gebruiken	Michel van de Woudenberg	Matthijs Haveman	Sietse Robroch	Regio's
Centrale data-administratie	Landolin Boender	Matthijs Haveman	Sietse Robroch	HIP

Deze tabel is gemaakt in samenwerking met de betrokkenen, waardoor er ook draagvlak is om deze verantwoordelijkheid te nemen. Hierbij is gebruik gemaakt van de Organogrammen uit Bijlage 3. Ook is de belanghebbenden analyse gebruikt en zijn vooral mensen die het project steunen als verantwoordelijken benoemd. Doordat deze mensen zelf een belang bij het slagen van het project hebben, zijn ook zij degenen die het project het best kunnen uitvoeren.

7. Conclusie & Discussie

In dit hoofdstuk zal er een conclusie uit de gevonden resultaten worden geformuleerd (§7.1.), waarna er nog met een kritische blik naar het onderzoek wordt gekeken (§7.2.).

7.1. Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat de problemen rondom visuele inspecties vooral ontstaan door een gebrek aan structuur. Daardoor zijn er een aantal zaken die vaak onduidelijk zijn en waardoor er een aantal processtappen vaak niet in één keer goed gaan. Dit blijkt vooral uit de interviews en de brainstorm sessie. Door de betrokkenen wordt bevestigd dat het momenteel veel voor komt dat iemand zijn specifieke taak doet en vervolgens alles over de schutting gooit naar de volgende persoon. Hierbij wordt geen rekening gehouden hoe het makkelijker of beter kan zodat de volgende processtap ook soepel verloopt.

Ook uit de verschillende analyses en toetsen blijkt dat vergelijkbare projecten lang niet altijd op eenzelfde manier uitgevoerd worden en dat er een grote spreiding zit tussen de bewerkingstijd en wachttijd binnen vergelijkbare projecten. Dat betekent dat van de vergelijkbare projecten er één of enkele zijn die beter aangepakt worden, maar ook dat er één of enkele projecten niet efficiënt uitgevoerd worden. Daar is dus zeker verbetering mogelijk.

Er ontbreekt vaak een verwachting van de opdrachtgever bij het uitvoeren van een inspectie. Zo is het soms niet bekend welke eisen de opdrachtgever hanteert en wat de opdrachtgever precies wil weten. Hierdoor is er niet alleen in de offertefase, maar ook in de rapportage vaak sprake van herbewerkingen, met als gevolg extra wachttijd en bewerkingstijd. Dit gaat niet alleen ten koste van de marge, maar ook van de kwaliteit van de service. Daarom zijn er verbeteracties bedacht, om die kwaliteit en de marge te verbeteren. In Hoofdstuk 8 – Aanbevelingen, wordt ingegaan op de verbeteracties die de gevonden problemen moeten verminderen.

Al met al betekent dit alles dat indien Heijmans meer grip wil krijgen op de visuele inspecties het gehele proces meer gestructureerd aangepakt moet worden en dat er onderling beter gecommuniceerd moet worden door bijvoorbeeld vragen te stellen. Dit heeft zich vertaald naar de voorgestelde verbetermaatregelen.

7.2. Discussie

Een onderzoek naar visuele inspecties is erg lastig correct uit te voeren, omdat er veel incomplete data is en er een grote variatie is in de beschikbaarheid van de data. Verder is er ook een grote variatie binnen de data zelf, omdat de inspectieprojecten variëren van enkele honderden meters tot honderden kilometers. Verder is de tijdsspanne van 10 weken te beperkt om zelf metingen uit te voeren, aangezien er niet heel veel inspecties plaatsvinden elk jaar. Deze discussiepunten zullen hier verder uitgewerkt worden

Incomplete onderzoeksdata

De data die gebruikt is bij het onderzoek was erg verspreid opgeslagen, doordat er meerdere datasystemen door elkaar heen werken. Verder is een groot gedeelte van de dataopslag menselijke interpretatie. Informatie die bij het ene project wel wordt bewaard, wordt dat bij een ander niet. Daardoor ontstaan er verschillen in de beschikbaarheid. Vervolgens zijn er nog 3 verschillende soorten onderzochte inspecties (globale, gedetailleerde en video), waardoor er nog meer variatie zit in het soort data dat wel bewaard is.

Door de incompleteheid van de data waren sommige vergelijkingen lastig te maken. Zo waren er slechts 9 video en 7 gedetailleerde inspecties beschikbaar, tegenover 17 globale inspecties. Ook zijn er in de data correcties gedaan voordat deze bruikbaar was voor het onderzoek. Deze correcties waren nodig, omdat sommige gegevens niet correct waren opgeslagen. Met de hulp van de betreffende projectleiders lukte het in de meeste gevallen om de data correct te krijgen, in de andere gevallen zijn de inspecties niet meegenomen in de analyse.

Grote variatie binnen de data

De onderzochte inspectieprojecten wisselden van enkele honderden meters tot honderden kilometers. Ook zijn er binnen de dataset meer kleinere inspecties en enkele uitschieters van hele grote projecten. Met behulp van regressieanalyses is geprobeerd deze variatie op te vangen en met behulp van die analyses blijkt de variatie goed op te vangen.

Metingen

Om de data correct te krijgen zouden er metingen uitgevoerd kunnen worden in plaats van data verzameling. De tijdsspanne van 10 weken is echter te kort om dat uit te voeren, aangezien er slechts enkele tientallen inspecties per jaar plaatsvinden. Indien er metingen gedaan zouden worden zouden er in 10 weken nog geen 5 inspecties gemeten kunnen worden, waarbij er dan geen tijd meer over zou zijn voor analyse of uitwerken van verbeteringen. Dat is de reden dat alle gebruikte data is verkregen uit de inspecties uit het verleden.

8. Aanbevelingen

In dit rapport zijn de volgende verbeteracties uitgewerkt (Hoofdstuk 6.1).

1. **Standaardisatie van vastlegging areaalgrenzen m.b.v. shapefiles in een GIS omgeving**

Dit zal er voor zorgen dat er minder hoeft worden gezocht naar de juiste gegevens voor elke inspectie en dat er ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd wat er door de opdrachtgever wordt verwacht. De kwaliteit die uiteindelijk geleverd wordt richting de opdrachtgever gaat hiermee omhoog.

2. **Vragenlijst voorafgaand aan de inspectie om verwachting van opdrachtgever en inspecteur gelijk te krijgen**

Met behulp van de vragenlijst, zullen de eisen die gehanteerd worden door de opdrachtgever (met betrekking tot de te vinden schades) dezelfde zijn als die gehanteerd door de inspecteurs. Ook zal dit er voor zorgen dat de inspecteurs weten wat de opdrachtgever van hun verwacht, waardoor het uitgevoerde inspectiewerk beter zal aansluiten op de verwachting. Verder wordt hiermee onnodig herwerk voorkomen, omdat er tijdens de inspectie direct op de manier wordt gewerkt zoals de opdrachtgever dat verwacht, waardoor ook de rapportage in één keer beter aansluit.

3. **Feedbackformulier voordat de inspectie begint om verwachting te checken met opdrachtgever**

Deze verbetermaatregel heeft hetzelfde effect als de 2^e maatregel, echter is dit een extra controle stap. Ook krijgt de opdrachtgever hierbij meer het gevoel dat hij betrokken is bij het proces, waardoor hij zeker weet dat hij ook krijgt wat hij verwacht. Dit is dus vooral een bevestiging richting de opdrachtgever dat het de goede kant op gaat. Ook wordt hierdoor de data op een eenduidige manier vastgelegd door de mensen die de inspectie uitvoeren, waardoor binnen HIP geen interpretatieverschillen mogelijk zijn.

4. **Centrale planning voor alle inspecties**

Door de verschillende inspecties samen te voegen in één grote planning is het mogelijk om een betere spreiding over het jaar te krijgen, waardoor de werkdruk ook beter verdeeld is. Het grootste voordeel is echter dat er gebruik kan worden gemaakt van soortgelijke inspecties op hetzelfde areaal en dat er soortgelijke inspecties op verschillende arealen kunnen worden gecombineerd. Door dit alles goed af te stemmen zijn er minder inspecties nodig en de gecombineerde inspecties kunnen goedkoper worden uitgevoerd door onder andere inkoopvoordeel van de videobeelden.

5. **Met behulp van Schouwen een dossier opbouwen, waardoor minder inspecties nodig zijn**

Momenteel wordt er te veel geïnspecteerd, terwijl een schouw goed genoeg is om veranderingen waar te nemen. Pas zodra duidelijk is dat de schade ernstig is kan besloten worden om een daadwerkelijke inspectie uit te voeren. Om dit te kunnen doen is het wel belangrijk dat een schouw ook wordt gerapporteerd en dat er een dossier wordt opgebouwd per areaal. Het grootste voordeel hiervan is dat er veel bewuster zal worden geïnspecteerd, omdat er gaat worden nagedacht of een inspectie daadwerkelijk nodig is, of dat het met een schouw nog wel af kan.

6. **Centrale data opslag, waardoor er feedback mogelijk is over de projecten heen voor een integrale aanpak en continue verbetering van het proces mogelijk is**

Indien er afspraken worden gemaakt over welke data moet worden opgeslagen en als dat centraal gebeurd kan die data in de toekomst worden gebruikt voor verdere verbetering van het proces. Gedurende dit onderzoek was het verkrijgen van de data de meest lastige stap, terwijl dat veel makkelijker kan. Zodra dat is geregeld kan er ook een proces van continue verbetering worden ingevoerd, waarbij de betrokkenen zo af en toe samenkomen en bespreken wat er goed of fout is gegaan. Omdat dit is bijgehouden in de data is dat erg gemakkelijk.

Verder kan de centrale opslag gebruikt worden om een dashboard te maken, waarbij er bepaalde invoerparameters zijn die een uitvoer geven waarin te vinden is wat de huidige prestaties van lopende projecten zijn. Daardoor kan er ook beter gestuurd worden, omdat in het dashboard direct inzichtelijk wordt indien er veel fout gaat.

9. Bibliografie

Alkire, B. D. (2009). *Pavement condition surveys*. Michigan: MichiganTech.

Chambon, S., & Moliard, J.-M. (2011). *Automatic Road Pavement Assessment with Image Processing: Review and Comparison*. International Journal of Geophysics.

CROW. (2013, juli). Opgehaald van Valgewichtdeflectie meting: http://www.crow.nl/nl/Binaries/PDF/PDF-Over_CROW/CROW_et_cetera_2008_nr_3.pdf

CROW. (2013, juli). *3D-radar*. Opgehaald van http://www.crow.nl/Infradagen_2012/%28099%29%20Breijn%20-%203d-Radar%20onmisbaar%20bij%20wegverbredingen%20D1%200-klein.pdf

Doodeman, M. (2012, Januari 24). 'De meeste oplossingen zijn voor de hand liggend'. *Cobouw*, p. 5.

Google Maps. (2013, Juli). *Maps*. Opgehaald van Google Maps: <http://www.maps.google.nl>

Heijmans academie. (2011). *Green Belt - Lean6Sigma*. Rosmalen.

Heijmans integrale projecten. (2013). *Visuele Weginspecties*. Rosmalen.

Huang, Y., & Xu, B. (2006). *Automatic inspection of pavement cracking distress*. Austin, Texas: SPIE Digital Library.

koac-npc. (2013, juli). *ARAN meting*. Opgehaald van <http://www.koac-npc.com/Flex/Site/Download.aspx?ID=9050>

Laurent et al. (1997). *Road surface inspection using laser scanners adapted for the high precision 3D measurements of large flat surfaces*. IEEEExplore.

Oloufa, m. A., Mahgoub, H. S., & Ali, H. (2007). *Infrared Thermography for Asphalt Crack Imaging and Automated Detection*. Transportation Research Board of the National Academies.

Prof. Dr. Ronald Does, D. H. (2008). *Lean Six Sigma - Stap voor stap*. Alphen aan de Rijn: Beaumont Quality Publications BV.

Reiterer, D. A. (2013, April). *Surveying roads at 100 km/h*. Opgeroepen op Mei 2013, van Fraunhofer Institute for Physical Measurement Techniques IPM: <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2013/april/surveying-roads-at-100-km-per-h.html>

Robroch, S. (2013, Juli).

Schouten enterprises. (2013, juli). *Valgewichtdeflectie meting*. Opgehaald van <http://schoutenenterprises.com/MarkerNieuws/2013/5669.htm>

Sidney A. Guralnick, E. S. (1996). *Development of Automated Road Inspection Vehicle for Nondestructive Evaluation of Road Surface Condition*. Transportation Research Board.

Transportation Research Board of the national academies. (2003). *Automated Pavement Distress*. National Cooperative Highway Research Program.

Verbetertechnieken - Six Sigma. (2013, Juni). Opgeroepen op Juni 2013, van ProduLog: <http://www.produlog.nl/Lean-Sigma/Six-Sigma-Lean>

Wachs, S. (2009). Opgeroepen op mei 2013, van Integral Concepts: <http://www.integral-concepts.com/docs/How%20do%20I%20Test%20my%20Data%20for%20Normality.pdf>

Wegmetingen. (2013, juli). Opgeroepen op juli 2013, van KOAC-NPC: <http://www.koac-npc.com/Flex/Site/Page.aspx?PageID=19549&Lang=NL>

10. Verklarende woordenlijst

HIP	- Heijmans Integrale Projecten (voormalig Breijn). Verantwoordelijk voor de begeleiding en uitvoering van weginspecties.
VOC	- Variabel Onderhouds Contract. Contractvorm waarbij de aannemende partij het complete beheer en onderhoud op zich neemt en Rijkswaterstaat alleen de eisen geeft waaraan het areaal wegen moet voldoen
Garantiecontract	- Contract waarbij na aanleg van een weg er een garantie van meestal 7 jaar is gegeven. Binnen die 7 jaar is de aannemende partij verantwoordelijk voor schades door slechte aanleg
B&O contract	- Beheer en Onderhoud. Contractvorm waarbij beheer en onderhoud volgens een voorgeschreven schema moet plaatsvinden.
LSS	- Lean Six Sigma (onderzoeksmethodiek, zie bijlage 1)
CTQ	- Critical to Quality. Lean Six Sigma benaming voor een verklarende variabele. Deze variabele wordt verbeterd tijdens een LSS onderzoek.
VKM	- Verkeersmaatregelen
Minitab	- Een computerprogramma waarmee veel verschillende statistische tests uitgevoerd kunnen worden en data grafisch weergegeven kan worden.