

Scriptie

Afstudeeronderzoek Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GWW

Colofon

Naam: Teun Alberts
Adres: Akonietenstraat 10
9679EM Scheemda
Telefoon: 06 10355333
Email: teun.alberts@student.hu.nl
Studentnummer: 1597235

Afstudeerrichting: Infra
Cursuscode Plan van Aanpak: TCIT-PAEX8-12
Cursuscode Afstuderen: TCIT-AFO8-12

Afstudeerbedrijf: InVra plus
Adres: Oosterweg 127
9751PE Haren
Telefoon: 050 5375770

Naam bedrijfsbegeleider: Sven-Erik Zandvoort
Functie bedrijfsbegeleider: Projectleider
Email: sezandvoort@invraplus.com

Eerste docentbegeleider: Pieter van Valen
Email: pieter.vanvalen@hu.nl
Tweede docentbegeleider: Henk Burggraaff
Email: henk.burggraaff@hu.nl

Voorwoord

Tijdens mijn stage op een groot DBFM project in de wegenbouw heb ik kennis mogen maken met GIS. Het programma ArcGIS is een visuele tool om het project in grote lijnen te illustreren, dat gemakkelijk is in gebruik. Ik ben overtuigd geraakt van de kwaliteiten van het programma en tegelijkertijd benieuwd geworden naar verdere mogelijkheden. Op hetzelfde project heb ik de uitdagingen gezien op het gebied van documentmanagement en verificatiemanagement en ik vroeg mij af of GIS hier ondersteuning kan bieden.

Op een afstudeerpresentatie van klasgenoten kwam ik in aanraking met BIM en hoorde ik voor het eerst over de objectenboom. De gedachte achter BIM is dat verschillende disciplines in één model (tekening) werken, om zo op een vroegtijdig moment raakvlakken en risico's in kaart te brengen. Er wordt een 3D-model opgezet, waarin het project tot op detailniveau gemodelleerd wordt. De objecten in het model worden gekoppeld aan projectdocumenten, planning en eventueel budget. Het is dit koppelende element, waarbij de objectenboom een belangrijke rol speelt, wat mij aanspreekt.

Ik vroeg mij af of via de laagdrempelige en overzichtelijke interface van ArcGIS met behulp van dezelfde koppeling documenten en verificaties toegankelijk gemaakt kan worden. Verificaties via GIS toegankelijk maken is misschien net de visuele ondersteuning die het verificatieproces soepeler kan laten lopen. Tegelijkertijd kan de koppeling tussen GIS-objecten en projectdocumenten revisiebeheer ondersteunen en gebruik van verkeerde informatie voorkomen.

Met dit idee heb ik InVra plus benaderd en zijn we in gesprek getreden om dit idee verder te raffineren. Het bedrijf werkt veel met geïntegreerde contracten en met GIS en was zeer geïnteresseerd in dit concept, omdat het een actueel onderwerp betreft die zich in de gehele GWW-sector voordoet. Gezamenlijk hebben we een passende onderzoeksvraag en doelstelling geformuleerd en het bedrijf heeft begeleiding geboden gedurende het onderzoek.

Ik wil daarom het bedrijf InVra plus bedanken, omdat veel collega's interesse hebben getoond en waardevolle opmerkingen en kritiek geleverd hebben. In het bijzonder bedank ik Sven-Erik Zandvoort als bedrijfsbegeleider voor zijn inzet.

De projectorganisatie van het project MaVa A15 en medewerkers van Esri, de leverancier van ArcGIS, wil ik bedanken voor waardevolle informatie uit de praktijk.

Ik ben blij dat ik mijn afstudeeronderzoek heb mogen doen in een onderwerp die uit mijn eigen interesse is voortgekomen. Hierdoor kon ik voortdurend gemotiveerd blijven en heb ik een product neer kunnen zetten waar ik volledig achter sta. Ik heb er veel van geleerd en ik kijk er met plezier op terug.

Ik wens u veel leesplezier.

Teun Alberts

Haren, 3 januari 2014

Samenvatting

Op basis van ervaring met ArcGIS is gebleken dat het programma laagdrempelige, overzichtelijke projectondersteuning biedt. Voor deze scriptie wordt onderzocht hoe het programma opdrachtnemers van DBFM-projecten kan ondersteunen. Bij DBFM-projecten wordt ontwerp, uitvoering, financiering en onderhoud (Design, Build, Finance and Maintain) bij één partij geplaatst. In deze projecten moet de opdrachtnemer niet alleen bouwen, maar ook ontwerpen. Er wordt geen bestek aangeleverd door de opdrachtgever zoals bij de traditionele projecten, maar een eisenpakket. Aan de hand van dit eisenpakket moet de opdrachtnemer een technische oplossing ontwerpen en daarnaast deze oplossing valideren en verifiëren (keuren en controleren). Ten opzichte van de traditionele projecten zijn dit nieuwe taken en processen die de opdrachtnemer moet doorlopen.

De nieuwe taken voor de opdrachtnemer zorgen ook voor een grote papierwinkel die deze moet beheeren. Een efficiënt informatie managementsysteem is hierdoor van groot belang. Als informatie gemakkelijk te vinden is, kan het ook snel zijn doel vinden en gebruikt worden. Ter voorkoming van het gebruik van achterhaalde informatie is revisiebeheer van groot belang. De nieuwste versie van een document moet snel te vinden zijn en gebruikt worden, maar ook oudere versies moeten geraadpleegd kunnen worden.

Onderzoeksvraag

Hoe kan met behulp van GIS proces- en informatiemanagement voor grootschalige infrastructurele DBFM projecten ondersteund worden?

Voor dit onderzoek is Systems Engineering gebruikt om de basis te vormen voor de ondersteuning voor de DBFM projecten. Systems Engineering is een manier om een complex project te structureren om zo informatiestromen te begeleiden en het werken op basis van geïntegreerde contracten voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer te ondersteunen. Processen die hierin centraal staan zijn specificeren en decomponeren. Het systeem (project) wordt gedecomposeerd en er worden structuren ontwikkeld als een eisen-, objecten- en activiteitenboom.

Uit interviews is gebleken dat de meeste projectmedewerkers, die met verificaties te maken krijgen, moeite hebben hier efficiënt mee om te gaan. Dit lijkt een probleem te zijn dat zich over de gehele aannemerij voordoet. Een visuele ondersteuning voor het verificatieproces met behulp van bijvoorbeeld ArcGIS is gewenst. Ter aanvulling op deze ondersteuning is onderzocht of ArcGIS hiernaast ook documentmanagement kan ondersteunen.

ArcGIS heeft naast de sterke visuele en laagdrempelige kant van het programma ook de mogelijkheden om documentmanagementsystemen en verificatiedatabases te koppelen. Met behulp van de SBS-codering kan deze koppeling geautomatiseerd worden. Om een GIS-omgeving op deze manier op te bouwen, kost een minimale aanvullende inspanning in de tender- en ontwerpfase van het project, maar hier kan in de realisatiefase en beheerfase van geprofiteerd worden.

Uit dit onderzoek blijkt dat ArcGIS inderdaad de gewenste ondersteuning op het gebied van documentmanagement en verificatiebeheer kan bieden. De overzichtelijke en gebruiksvriendelijke kwaliteiten van ArcGIS kunnen een primaire werkomgeving bieden voor projectmedewerkers om projectinformatie, eisen en verificaties eenvoudig toegankelijk te maken. Daarnaast wordt het verificatieproces ondersteund door de status van verificaties visueel te maken in de GIS omgeving.

Inhoudsopgave

Colofon	2
Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Inhoudsopgave	5
Begrippen en Afkortingen	7
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Probleemstelling.....	9
1.3 Doelstelling.....	9
1.4 Onderzoeksvraag.....	9
1.5 Deelvragen.....	9
1.6 Beperkingen en randvoorwaarden.....	10
1.7 Onderzoeksontwerp.....	10
1.7.1 Stappenplan.....	10
1.7.2 Onderzoeksmodel	11
1.8 Leeswijzer	12
2 Systems Engineering.....	13
2.1 Begripsomschrijving	14
2.2 Systems Engineering in de GWW	15
2.3 Werkwijze	16
2.4 Projectfases	18
2.4.1 Ontwikkelfase.....	18
2.4.2 Realisatiefase.....	19
2.4.3 Gebruiks- en onderhoudsfase	20
2.5 Conclusie	21
3 GIS.....	22
3.1 Algemeen.....	23
3.2 GIS in de GWW	24
3.2.1 Opdrachtgever.....	24
3.2.2 Opdrachtnemer	24
3.3 Recente ontwikkelingen	25
3.4 Conclusie	26
H4 Praktijkonderzoek	27
4.1 Procesmanagement.....	28
4.1.1 MaVa A15	28
4.1.2 Procesmanager aan het woord	29
4.2 Documentmanagement	32
4.3 Business Developer Esri aan het woord	33
4.4 Conclusie	34
H5 Advies.....	35
5.1 Resultaten onderzoekfase	36
5.1.1 Geïntegreerde contracten.....	36
5.1.2 Systems Engineering.....	36
5.1.3 GIS.....	37

5.1.4 Verificatiemanagement	37
5.1.5 Documentmanagement	37
5.2 GIS in de ontwerpfase	38
5.3 GIS in de realisatiefase	40
5.4 GIS in de beheerfase	42
5.5 Demonstratiemodel	43
H6 Conclusie	44
Literatuuropgave	45
Bijlage A Theorieonderzoek	46
2 Systems Engineering	47
2.1 Begripsomschrijving	48
2.1.1 Systeendenken	48
2.2 Systems Engineering in de GWW	51
2.2.1 Doelen	51
2.2.2 Leidende principes	51
2.2.3 Cultuurverandering	53
2.3 Werkwijze	54
2.4 Projectfases	57
2.4.1 Ontwikkelfase	57
2.4.2 Realisatiefase	60
2.4.3 Gebruiks- en onderhoudsfase	61
2.4.4 Overdrachtsmomenten	62
2.5 Projectmanagement	63
2.5.1 Procesbeheersing	63
2.5.2 Integraal Project Management	63
2.6 Conclusie	65
3 GIS	66
3.1 Algemeen	67
3.1.1 Componenten	68
3.1.2 Functionaliteiten	68
3.2 Toepassing	74
3.3 GIS in de GWW	77
3.3.1 Opdrachtgever	77
3.3.2 Opdrachtnemer	78
3.4 Recente ontwikkelingen	79
3.5 Conclusie	81
Bijlage A-1 Het integrale V-model	82
Bijlage B Visualisaties project MaVa A15	84
Bijlage C Stromendiagram gebruik GIS	86
Bijlage D GIS Demonstratiemodel	88

Begrippen en Afkortingen

D&C	Design en Construct (contractvorm)
DBFM	Design, Build, Finance and Maintain (contractvorm)
DMS	Document Management Systeem
DTB	Digitale Topografisch Bestand
GBKN	Grootschalige Basiskaart Nederland
GIS	Geografisch Informatie Systeem
GPS	Global Positioning System
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
INCOSE	International Council on Systems Engineering
IPM	Integraal Project Management
KAM	Kwaliteit, arbeidsomstandigheden en milieu
OG	Opdrachtgever
ON	Opdrachtnemer
PDOK	Publieke Dienstverlening Op de Kaart
RBS	Requirements Breakdown Structure (ook wel eisenboom genoemd)
SBS	System Breakdown Structure (ook wel objectenboom genoemd)
SE	Systems Engineering
SMART	Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch en Tijdgebonden
UAV-gc	Uniforme Administratieve Voorwaarden voor geïntegreerde contractvormen
VMS	Verificatiemanagementsysteem
WBS	Work Breakdown Structure (ook wel activiteitenboom genoemd)
Wro	Wet ruimtelijke ordening

1 Inleiding

Dit onderzoek is gericht op de mogelijke ondersteuning die GIS, in combinatie met Systems Engineering, kan bieden voor grootschalige infrastructurele DBFM projecten. Met het idee dat GIS deze ondersteuning kan bieden is het adviesbureau InVra plus benaderd. InVra plus maakt actief gebruik van het programma GIS en is geïnteresseerd in de mogelijkheden om het programma een geïntegreerde rol te geven in het proces van voorbereiding en uitvoering van grote infrastructurele projecten. De expertise en ervaring van het bedrijf op het gebied van GIS en civiele projecten zal ondersteuning bieden voor dit onderzoek. Een korte toelichting over het bedrijf:

InVra plus is een zelfstandig civieltechnisch advies- en managementbureau met een praktische kijk op complexe infrastructurele projecten. Wij adviseren en helpen overheden en bedrijven al 13 jaar bij grote civieltechnische en infrastructurele projecten, zoals de HSL-tunnel door het Groene Hart, Blauwe Stad, Meerstad, Traverse NS Station Zwolle en de houten viaducten over de rondweg bij Sneek. Met ons kernteam van 24 medewerkers, een brede flexibele schil en de samenwerking met een detacheerder, werken wij dagelijks aan praktische oplossingen voor complexe problemen.

In overleg met het bedrijf is de scope van het onderzoek vastgesteld en zijn de onderzoeksvragen en doelstellingen gedefinieerd. In het eerste hoofdstuk wordt de aanleiding en probleemstelling van het onderzoek bepaald en vervolgens worden de doelstelling en onderzoeksvraag geformuleerd. Daarna wordt het project afgebakend door enkele beperkingen en randvoorwaarden.

1.1 Aanleiding

Er komen in de GWW steeds meer projecten op de markt volgens geïntegreerde contractvormen waarbij ontwerp en uitvoering (Design & Construct) en eventueel onderhoud (Design, Build & Maintain) en financiering (Design, Build, Finance and Maintain) bij één partij worden geplaatst. In deze projecten moet de opdrachtnemer niet alleen bouwen, maar ook ontwerpen. Er wordt geen bestek aangeleverd door de opdrachtgever zoals bij de traditionele projecten, maar een eisenpakket. Aan de hand van dit eisenpakket moet de opdrachtnemer een technische oplossing ontwerpen en daarnaast deze oplossing valideren en verifiëren (keuren en controleren). Ten opzichte van de traditionele projecten zijn dit nieuwe taken en processen die de opdrachtnemer moet doorlopen. Waar de opdrachtnemer zich van origine enkel op het bouwproces hoefde te richten, moet deze nu ook andere processen voor zijn rekening nemen. Om deze processen efficiënt te laten verlopen, moet er met een andere mindset en werkmethode te werk gegaan worden.

De nieuwe taken voor de opdrachtnemer zorgen ook voor een grote papierwinkel die deze moet beheren. Een efficiënt informatie managementsysteem is hierdoor van groot belang. Systems Engineering is een principe die hierin ondersteund en heeft zijn intrede een aantal jaren geleden in de GWW gemaakt. Het is een principe dat echter nog niet voor iedereen perfect duidelijk is.

GIS is een programma die in de GWW sinds enkele jaren steeds meer wordt gebruikt. Het is een programma die zich bij uitstek leent om geografische informatie te illustreren, combineren en analyseren. In deze geografische werkomgeving kan tot in de vierde dimensie informatie van GWW projecten verwerkt worden. Waar het programma niet bedoeld is om 3D in te modelleren, kan er wel gemakkelijk data aan objecten gekoppeld worden. Dit kan in kaart- en tabelvormen. Daarnaast kunnen er hyperlinks toegevoegd worden die verwijzen naar andere bestanden.

Een tool die zowel procesmanagement als informatiemanagement op een visuele manier ondersteunt kan projectbeheersing van grootschalige infrastructurele projecten gemakkelijker maken.

1.2 Probleemstelling

Bij projecten volgens geïntegreerde contractvormen in de GWW verschuiven steeds meer taken van opdrachtgever naar opdrachtnemer. Hierdoor wordt de opdrachtnemer geconfronteerd met nieuwe processen evenals een grote hoeveelheid vast te leggen informatie. Uit ervaring is gebleken dat in veel gevallen de opdrachtnemer hier efficiënter mee kan omgaan.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om een advies uit te brengen hoe de opdrachtnemer GIS kan gebruiken als ondersteuning voor proces- en informatiemanagement bij GWW-projecten volgens DBFM contract.

1.4 Onderzoeksvraag

Hoe kan met behulp van GIS proces- en informatiemanagement voor grootschalige infrastructurele DBFM projecten ondersteund worden?

1.5 Deelvragen

I. Theorieonderzoek

- a. Wat is Systems Engineering en hoe kan het infrastructurele projecten ondersteunen?
- b. Wat zijn de mogelijkheden van GIS en hoe kan het toegepast worden in infrastructurele projecten?
- c. Is GIS op een effectieve manier met Systems Engineering te combineren?

II. Praktijkonderzoek

- a. Hoe ziet procesmanagement er nu uit op grote infrastructurele projecten? Wat gaat er goed en wat gaat er fout en waar zou GIS hier ondersteuning kunnen bieden?
- b. Hoe gaat informatieverwerking en documentmanagement er nu aan toe op grote infrastructurele projecten? Wat gaat er goed en wat gaat er fout en waar zou GIS hier ondersteuning kunnen bieden?

III. Advies uitbrengen

- a. Hoe kan een combinatie van GIS met Systems Engineering informatieverwerking en documentmanagement ondersteunen?
- b. Hoe kan deze met Systems Engineering gecombineerde GIS omgeving procesmanagement ondersteunen?

1.6 Beperkingen en randvoorwaarden

Voor het verloop van het onderzoek wordt een aantal beperkingen opgelegd:

- Het onderzoek richt zich op projecten gebaseerd op een DBFM contract. Deze keuze is gemaakt om het onderzoek beheersbaar te houden. Dit sluit niet uit dat het resultaat van het onderzoek, in een licht aangepaste vorm, wellicht toepasbaar is op projecten volgens een D&C contract of andere geïntegreerde contractvormen;
- Het onderzoek richt zich op grote infrastructurele GWW projecten;
- De financiële kant van de DBFM methode valt niet onder de scope van het onderzoek.
- Het opzetten van de SBS en andere structuren van Systems Engineering wordt door een specialist - een systems engineer - gedaan. Dit onderzoek richt zich niet op dit proces.

1.7 Onderzoeksontwerp

1.7.1 Stappenplan

Om het onderzoek zo soepel mogelijk te laten verlopen is het essentieel om van tevoren een stappenplan op te stellen. In hoofdstuk 1.5 is een aantal deelvragen opgesteld. Deze worden hier onder gebruikt om een stappenplan te maken.

Deel I: Theorieonderzoek

De beginfase van het onderzoek zal bestaan uit inventarisatie van relevante informatie. In deze fase zal veel literatuur geraadpleegd worden, met name om Systems Engineering beter te leren begrijpen. Daarnaast wordt in deze fase onderzoek gedaan in de basisfunctionaliteiten van GIS, hoe het gebruikt wordt bij het afstudeerbedrijf en waar de mogelijkheden tot verbetering liggen. De deelvragen die hierbij horen:

- a. Wat is Systems Engineering en hoe ondersteund het grote infrastructurele projecten?
- b. Wat zijn de mogelijkheden van GIS en hoe wordt het nu toegepast in grote infrastructurele projecten?
- c. Is GIS op een effectieve manier met Systems Engineering te combineren?

Deel II: Praktijkonderzoek

De tweede fase van het onderzoek is meer gericht op de praktijk. Er wordt onderzocht hoe projectorganisaties op enkele grote DBFM projecten omgaan met hun processen en documenten en waar de mogelijkheden tot verbetering liggen. In deze fase worden projecten bezocht, professionals bevraagd en afgeronde projecten onderzocht. De deelvragen die in deze fase beantwoord worden:

- a. Hoe ziet procesmanagement er nu uit op grote infrastructurele projecten? Wat gaat er goed en wat gaat er fout en waar zou GIS hier ondersteuning kunnen bieden?
- b. Hoe gaat informatieverwerking en documentmanagement er nu aan toe op grote infrastructurele projecten? Wat gaat er goed en wat gaat er fout en waar zou GIS hier ondersteuning kunnen bieden?

Deel III: Advies uitbrengen

De derde fase bestaat uit het combineren van de wensen uit de praktijk met de mogelijkheden van GIS in combinatie met Systems Engineering. Hier moet een advies uit voortkomen die gericht is op het ondersteunen van projectorganisaties op het gebied van proces- en informatiemanagement. De deelvragen die bij deze fase horen:

- a. Hoe kan een combinatie van GIS met Systems Engineering informatieverwerking en documentmanagement ondersteunen?
- b. Hoe kan deze met Systems Engineering gecombineerde GIS omgeving procesmanagement ondersteunen?

Deel 4: Demonstratiemodel

Het vierde deel zal bestaan uit het opzetten van een demonstratiemodel. De tool, zoals deze wordt omschreven in het advies, wordt geïllustreerd door middel van een fictief projectmodel. Dit model zal de ondersteunende functionaliteiten demonstreren.

1.7.2 Onderzoeksmodel



Figuur 1: Onderzoeksmodel

1.8 Leeswijzer

Hoofdstuk 1: Inleiding

In het plan van aanpak, die aan dit onderzoeksrapport is voorafgegaan, is nagedacht over het *wie, wat, waarom en hoe* van dit onderzoek. Dit is vertaald naar een aanleiding, een doelstelling, onderzoeksvragen en een onderzoeksontwerp. Het resultaat is hiervan in samengevatte vorm in het eerste hoofdstuk weergegeven.

Hoofdstuk 2: Systems Engineering

Systems Engineering is een werkwijze die sinds enkele jaren toepassing vindt in de GWW-sector. Het is een systematiek die projecten procesmatig ondersteunt. Omdat dit onderzoek gericht is op het combineren van GIS met Systems Engineering, is de eerste stap gericht op de theorie achter Systems Engineering. Het doel is om inzicht te vergaren in de systematiek, zodat daarna onderzocht kan worden waar GIS en Systems Engineering elkaar kunnen versterken.

Hoofdstuk 3: GIS

Hoofdstuk 3 bestaat uit een beschrijving van het Geografisch Informatie Systeem, of GIS. Tijdens het onderzoek wordt gewerkt met het programma ArcGIS. Wat kan het programma? Waar wordt het programma toegepast? Wat zijn de huidige ontwikkelingen? Dit zijn allemaal vragen die in dit hoofdstuk onderzocht worden.

Hoofdstuk 4: Praktijkonderzoek

Tijdens deze fase worden projecten bezocht en interviews gehouden met professionals. Door middel van interviews wordt een beeld verworven van proces- en documentmanagement bij grootschalige infrastructurele DBFM-projecten. Er wordt onderzocht wat voor keuzes in de voorfase van het project zijn gemaakt, wat de motivatie hier achter is en hoe de uitvoering hiervan tijdens de ontwerp- en realisatiefase verloopt. Daarnaast wordt onderzocht waar verder ondersteuning gewenst is en waar een met Systems Engineering gecombineerde GIS deze ondersteuning mogelijk kan bieden.

Hoofdstuk 5: Advies

In dit hoofdstuk wordt een advies opgesteld voor opdrachtnemers van grootschalige infrastructurele DBFM-projecten. De kennis die is opgedaan in de voorafgaande fase van theorie- en praktijkonderzoek staat aan de basis van dit advies. In het advies wordt een aanbeveling gedaan over de inzet van (Arc)GIS in combinatie met Systems Engineering om projecten te ondersteunen. Ter aanvulling van het advies wordt een demonstratiemodel gecreëerd die de functionaliteiten van het GIS zoals deze omschreven zijn illustreert.

Conclusie

Er wordt antwoord op de onderzoeksvraag gegeven en een conclusie geformuleerd.

Bijlage A

In verband met de omvang van hoofdstuk 2 en 3 is in het verslag een samengevatte weergave van deze hoofdstukken weergegeven. Voor een volledige weergave van het theoretische onderzoek met betrekking tot Systems Engineering en GIS wordt aangeraden om Bijlage A te raadplegen.

Deel I: Theorieonderzoek

De eerste fase van dit onderzoek bestaat uit een theoretisch gedeelte. In het komende hoofdstuk (2) wordt Systems Engineering behandeld en in hoofdstuk 3 wordt GIS onderzocht. Het theorieonderzoek vormt de basis voor verder onderzoek. Vanwege de omvang van deze twee hoofdstukken, wordt het theoriedeel in zijn geheel in de bijlage geplaatst. Op de komende pagina's worden hoofdstuk 2 en 3 in samengevatte vorm weergegeven. Voor een volledige weergave het theorieonderzoek wordt aangeraden deze hoofdstukken uit de bijlage te raadplegen. Voor hoofdstuk 4 kan weer teruggebladerd worden naar het rapport zelf.

2 Systems Engineering

Systems Engineering is een werkwijze die sinds enkele jaren toepassing vindt in de GWW-sector. Het is een systematiek die projecten procesmatig ondersteunt. Omdat dit onderzoek gericht is op het combineren van GIS met Systems Engineering, is de eerste stap gericht op de theorie achter Systems Engineering. Het doel is om inzicht te vergaren in de systematiek, zodat daarna onderzocht kan worden waar GIS en Systems Engineering elkaar kunnen versterken.

Om Systems Engineering beter te leren kennen wordt in dit hoofdstuk een aantal deelvragen behandeld:

2.1. Begripsomschrijving

Wat is Systems Engineering?

2.2. Systems Engineering in de GWW

Wat is de positie van Systems Engineering in de GWW-sector?

2.3. Werkwijze

Hoe werkt Systems Engineering?

2.4. Projectfases

Hoe past Systems Engineering in de verschillende fases van een project?

2.5. Conclusie

Wat zijn de voor- en nadelen van Systems Engineering en hoe kan GIS hier eventueel ondersteuning in bieden?

2.1 Begripsomschrijving

De definitie van Systems Engineering(SE) wordt door INCOSE (International Council on Systems Engineering) omschreven als: “An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs.” [Bron: www.incose.nl]. Vrij vertaald betreft het een Interdisciplinaire benadering die bijdraagt aan het realiseren van succesvolle systemen. Met Systems Engineering streven we ernaar om niet alleen de technische, maar ook de bedrijfsdoelen van de klanten (belanghebbenden) na te streven, met als doel een kwaliteitsproduct te bieden dat aan de gebruikersbehoefte voldoet.

Rijkswaterstaat en ProRail beschrijven de definitie van Systems Engineering als volgt: [Bron: *Leidraad systems engineering v3*]

“Systems Engineering biedt een geïntegreerde en gestructureerde set methodieken om projecten succesvol te verwezenlijken en te beheren. De kernelementen uit de gehanteerde definitie die dit beschrijven kunnen we als volgt samenvatten:

- Het op een gestructureerde wijze specificeren van een behoefte;
- Het op een gestructureerde wijze ontwerpen van een passende oplossing bij de behoefte;
- Het op een correcte wijze realiseren van deze oplossing;
- Het op een juiste wijze beheren van de gerealiseerde oplossing;
- Het op een juiste wijze verifiëren en valideren;
- Het op een beheerste wijze managen van het gehele systeem gedurende zijn levensduur.

Bovenstaande maakt duidelijk dat Systems Engineering een methodiek is die de gehele levenscyclus van projecten ondersteunt.”

Systeemdenken

‘Een systeem is een, afhankelijk van het gestelde doel, binnen de totale werkelijkheid te onderscheiden verzameling elementen, die onderlinge relaties hebben’ [In ’t Veld, 1986: ‘Analyse van organisatieproblemen’].

Doordat projecten steeds complexer worden is het aanbrengen van structuur essentieel. Het doel is om binnen deze structuur een project navolgbaar en aantoonbaar te ontwikkelen, realiseren en beheren. Systeemdenken volgens Systems Engineering is een principe die hierin ondersteunt. Een systeem maakt per definitie deel uit van een groter geheel en moet gewenste doelen realiseren binnen een veranderlijke omgeving. Een systeem kan vanuit verschillende invalshoeken bekeken worden, afhankelijk van belangen. Wat voor de ene gebruiker als systeem wordt geschouwd, kan voor de ander gelden als een component van een systeem.

2.2 Systems Engineering in de GWW

Sinds de grote infrastructurele projecten steeds meer volgens de geïntegreerde contractvormen op de markt komen, krijgt ook Systems Engineering een steeds grotere rol in de GWW-sector. Systems Engineering wordt door opdrachtgevers zoals ProRail en Rijkswaterstaat toegepast op projecten volgens geïntegreerde contractvormen. Op deze manier moet ook de opdrachtnemer volgens het Systems Engineering principe te werk gaan. Dit leidt ertoe dat aannemers met een andere mindset te werk moeten gaan. Als de opdrachtnemer dit omarmt en deze gebruikt de Systems Engineering werkwijze effectief, kan dit projecten waardevolle ondersteuning bieden.

Cultuurverandering

Met partijen als Rijkswaterstaat en ProRail als kartrekkers, is de implementatie van Systems Engineering in de GWW-sector een verandertraject waar zowel opdrachtgevers als opdrachtnemers in mee moeten gaan. Het vraagt om een cultuurverandering, om te werk te gaan met een andere mindset. Opdrachtgevers moeten in een vroeg stadium goed nadenken wat ze willen en vooral ook eenduidig specificeren. Opdrachtnemers moeten met behulp van het verificatie- en validatieproces het eigen werk keuren.

In de toekomst zal Systems Engineering een steeds grotere rol vervullen bij infrastructurele projecten. De afgelopen jaren is er veel mee geëxperimenteerd en is er gezocht naar effectieve toepassingsmogelijkheden. Tegenwoordig hebben de meeste bedrijven in de GWW-sector kennis en ervaring op het gebied van Systems Engineering. De bedrijven die zich het SE-principe nog niet eigen hebben gemaakt, zullen daar ook niet onderuit komen, blijkt uit de visie die Rijkswaterstaat, ProRail en enkele aannemers en ingenieursbureaus heeft opgesteld. Aan de hand van het CMMI-model (Capability Maturity Model Integration) beschrijven deze partijen wat hun doel is voor de toekomst. Dit model, opgesteld door het Carnegie Mellon Software Engineering Institute, beschrijft vijf niveaus van implementatie van veranderprocessen. In Figuur 2 is een beknopte weergave van het CMMI-model weergegeven.

NIVEAU	FOCUS	PROCESGEBIEDEN
5	Continue procesverbetering	Proces wijzigingsmanagement Voorkomen van defects Technologisch wijzigingsmanagement
4	Kwantitatief management	Kwantitatief projectmanagement Systeem kwaliteitsmanagement Performance van de organisatieprocessen
3	Processtandaardisatie	Verificatie & Validatie Risicomanagement Eisenontwikkeling en ontwerpafwegingen
2	Basisprojectmanagement	(Sub)contractmanagement Configuratiemanagement Eisenmanagement
1	Initieel	

Figuur 2: CMMI-model. Bron: Leidraad systems engineering v3

Volgens de ambitie van de bovengenoemde partijen, zal de implementatie van Systems Engineering in de gehele GWW-sector binnen enkele jaren niveau 3 moeten bereiken.

2.3 Werkwijze

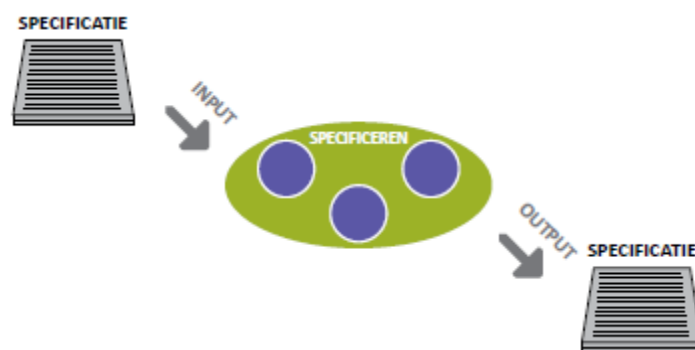
Een project in de GWW komt tot stand naar aanleiding van problemen of kansen die de opdrachtgever heeft geconstateerd. De opdrachtgever gaat dan bekijken wat binnen zijn System of Interest de behoeften zijn. Vaak zijn binnen dit systeem meerdere stakeholders betrokken. Deze stakeholders hebben ieder hun eigen behoeften en randvoorwaarden. De behoeften van alle stakeholders binnen het projectgebied worden onderzocht en vastgelegd door middel van een stakeholderanalyse. Naar aanleiding van deze analyse wordt er een eisenspecificatie opgesteld.

Levenscyclus

Een basisprincipe van de Systems Engineering werkwijze is het optimaliseren van een systeem over de gehele levensduur. Dit betekent niet alleen dat er een duurzaam systeem ontwikkeld wordt, maar ook dat de Systems Engineering-werkwijze gedurende alle fases van de levenscyclus van een systeem toegepast wordt.

Iteratief specificeren

Een ander basisprincipe van Systems Engineering in het iteratieve proces. Ontwerpkeuzes voor bepaalde systemen kunnen de oplossingsruimte voor andere systemen beïnvloeden. Systems Engineering gaat uit van iteratie tussen functies, eisen en oplossingen. Figuur 3 illustreert het iteratieve specificatieproces.



Figuur 3: Iteratief specificatieproces. Bron: Leidraad systems engineering v3

Top-Down

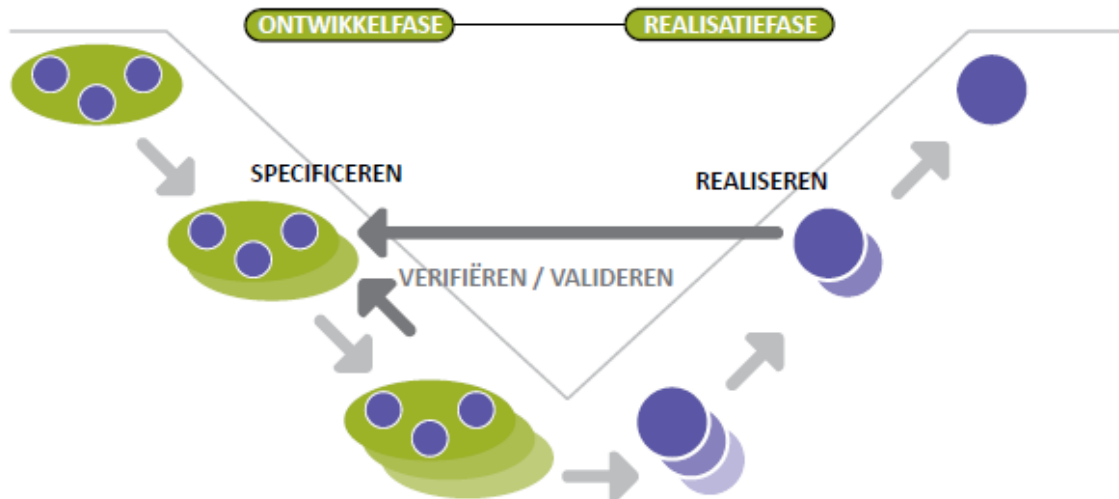
Dit iteratieve specificatieproces vindt plaats volgens het zogenaamde 'top-down' principe. Dit wil zeggen dat de eisen van groot naar klein worden gespecificeerd. Er wordt begonnen met een overkoepelende eis zoals "de doorstroming van de rijksweg moet verbeterd worden". Vervolgens worden voor verdere detaillering van het ontwerp, aan de hand van raakvlakken en risico's, steeds meer (sub)eisen opgesteld. Uit deze eisen volgt uiteindelijk een uitvoeringsgereed ontwerp.

Bottom-up

De realisatie gaat in de tegenovergestelde richting, namelijk 'Bottom-up'. Waar in de ontwikkelfase het systeem geleidelijk gedecomposeerd wordt, worden de deelsystemen in de realisatiefase geïntegreerd tot het totale systeem. Het top-down in combinatie met het bottom-up principe is te combineren tot het V-model. Deze is weergegeven in Figuur 4.

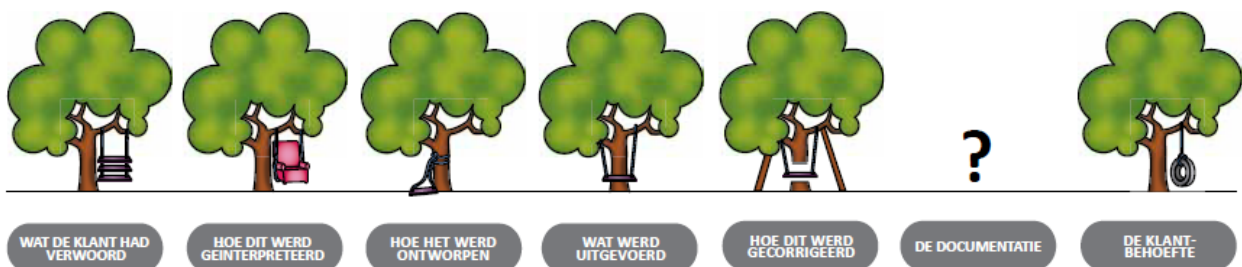
Verificatie en Validatie

Tijdens zowel het ontwikkel- als realisatieproces vindt er op meerdere momenten verificatie en validatie (V&V) plaats. Dit houdt in dat een object wordt gekeurd aan de eisen uit de eisenspecificatie. In een vroeg stadium van de ontwikkelfase worden technische oplossingen getoetst aan de eisen die voor een bepaald detailniveau zijn opgesteld. Dit proces herhaalt zich gedurende de loop van de ontwikkelfase. Daarnaast moet in deze fase ook bepaald worden hoe het V&V proces in de realisatiefase wordt uitgevoerd. Vaak wordt er een V&V plan opgesteld. In de realisatiefase worden gerealiseerde objecten gekeurd aan de hand van de object gerelateerde eisen. Ook dit proces wordt herhaald gedurende de loop van de realisatiefase.



Figuur 4: V-model met verifiëren en valideren. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

In Figuur 4 is, in het V-model, het verificatie- en validatieproces verwerkt. In deze afbeelding is duidelijk te zien dat V&V zowel in de ontwikkelfase als in de realisatiefase een rol vervult. Uiteindelijk is het doel dat het gerealiseerde werk aansluit bij de behoefte van de opdrachtgever. Daarom is het essentieel dat de eisenspecificatie met zorg en nauwkeurigheid is opgesteld en tijdens het ontwerpen en realiseren met regelmaat producten worden getoetst aan de product gerelateerde eisen. Figuur 5 geeft het klassieke voorbeeld van de schommel weer, die veel voorkomende problematiek bij projecten illustreert.

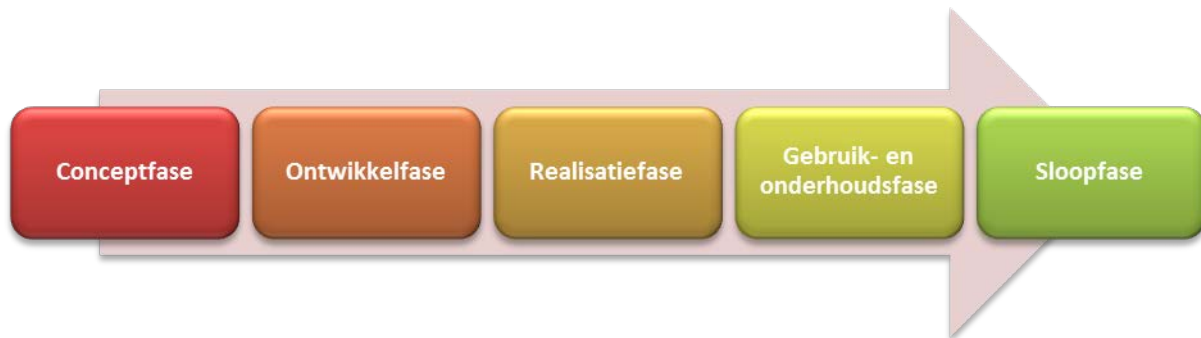


Figuur 5: Schommel. Bron: Leidraad systems engineering v3

Een belangrijk punt voor het verifiëren en valideren is de documentatie hiervan. Als objecten zijn gekeurd moeten deze resultaten worden vastgelegd. Dit gebeurt vaak door het invullen van een V&V plan. Dit V&V plan is onderdeel van het opleverdossier. Daarnaast kan het in het geval van een DBFM contract wenselijk zijn voor de opdrachtnemer zelf om de historie en status van een object vast te leggen met het oog op de onderhoudsfase.

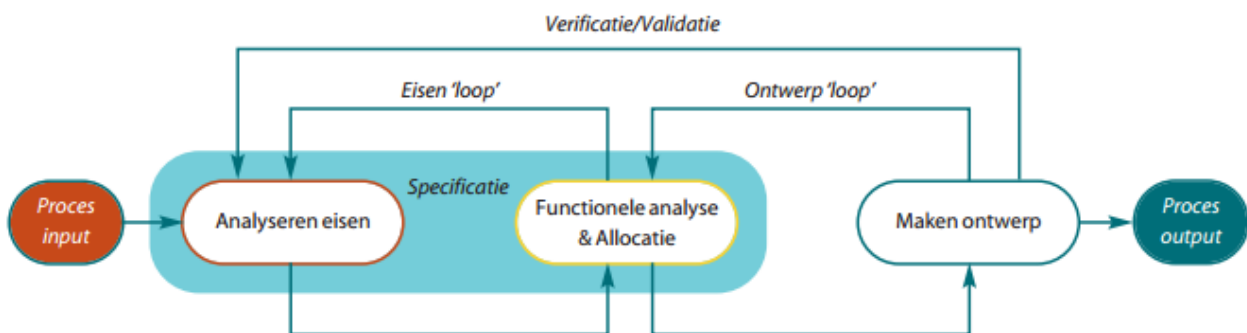
2.4 Projectfases

In dit hoofdstuk wordt weergegeven wat de rol van Systems Engineering is in de verschillende fases van een project. Over het algemeen zijn GWW-projecten op te delen in de volgende fases:



2.4.1 Ontwikkelfase

De ontwikkelfase bestaat uit het specificatie- en ontwerpproces. Tijdens het specificatieproces worden functies en eisen geanalyseerd en gestructureerd en de oplossing volgens de top-down benadering gespecificeerd. Aan de hand van de (oplossings)specificatie wordt vervolgens een ontwerp gemaakt. Tijdens het gehele traject vindt continue verificatie en validatie plaats. Het totale proces is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Specificatie- en ontwerpproces. Bron: Leidraad systems engineering v2

Specificatieproces

Kernactiviteiten van het specificatieproces zijn analyseren, structureren en alloceren.

Analyseren

Onderdeel van het specificatieproces is het analyseren van eisen, functies en keuzes. Het doel is om de vraag achter de vraag te kunnen doorgronden. Het analyseren van het systeem en systeemeisen leidt tot het opstellen van nadere systeemeisen. Tijdens de analyse worden waar nodig gedetailleerdere eisen opgesteld voor de opvolgende ontwerpfase.

Structureren

Bij complexe projecten zijn vaak meerdere partijen en disciplines betrokken. Een systeem wordt daarom vaak gedeclineerd in deelsystemen. Door deze vorm van structuur aan te brengen blijft het project overzichtelijk en beheersbaar. Het structureren van een systeem gebeurt vaak aan de hand van een System Breakdown Structuur (SBS), ook wel objectenboom genoemd. In deze structuur worden objecten op een hiërarchische wijze ingedeeld. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 17.

Alloceren

Door de eisenanalyse te koppelen aan de SBS structuur kan de oplossingsruimte per object weergegeven worden. Figuur 18 (te vinden in Bijlage A, hoofdstuk 2.4.1) geeft weer hoe door allocatie een specificatie per deelsysteem verkregen kan worden.

Ontwerpproces

Het verdere ontwerp geschiedt over het algemeen door middel van een variantenstudie. Op basis van de eisen en randvoorwaarden worden beoordelingscriteria en weegfactoren opgesteld. Wanneer er meerdere varianten zijn opgesteld, worden deze in bijvoorbeeld een trade-off matrix verwerkt. De variant die hierin het beste scoort, wordt vervolgens verder uitgewerkt. Deze nadere uitwerking resulteert uiteindelijk in een set van tekeningen, specificaties en onderbouwingen.

2.4.2 Realisatiefase

Nadat de ontwikkelfase volgt de realisatiefase. Hierin wordt het gespecificeerde systeem gerealiseerd. Waar het specificatieproces top-down verliep, vindt de realisatie van het systeem bottom-up plaats. Hierbij worden de deelsystemen gerealiseerd en geïntegreerd tot het totale systeem.

Om projectactiviteiten inzichtelijk te maken wordt vaak een Work Breakdown Structure (WBS, ook wel activiteitenboom) opgezet. In deze hiërarchische boomstructuur worden de activiteiten onderverdeeld in werkpakketten op basis van de fase en het deelsysteem. De WBS draagt bij aan het inzichtelijk maken van planning, kostenbewaking en taakverdeling. Dit kan door aan een werkpakket tijd, geld en een verantwoordelijke te koppelen. Net als bij de SBS, kan ook aan de WBS ook eisen gekoppeld worden. In Figuur 19 (te vinden in Bijlage A, hoofdstuk 2.4.2) is een voorbeeld van een WBS structuur weergegeven.

Verificatie en validatie

Tijdens de ontwikkelfase worden oplossingen gekeurd aan de eisen door middel van verificatie en validatie. Dit vindt ook plaats in de realisatiefase. In de ontwikkelfase is een V&V-plan opgezet om tijdens de realisatiefase te gebruiken. In de realisatiefase worden (deel)systemen gekeurd aan de hand van dit V&V-plan. Het is belangrijk om tijdig te starten met het V&V-proces. Des te eerder afwijkingen geconstateerd worden, des te meer (financieel) nadelige gevolgen voorkomen kunnen worden.

Het V&V-plan is onlosmakelijk verbonden aan de eisenspecificatie. Vaak is dit plan op de structuur van de eisenspecificatie gebaseerd. Uiteindelijk is het de bedoeling dat het ingevulde V&V-plan (dossier) aantoont dat het gerealiseerde werk overeenkomt met de wensen van de opdrachtgever. Dit V&V-dossier maakt dan ook deel uit van het opleverdossier.

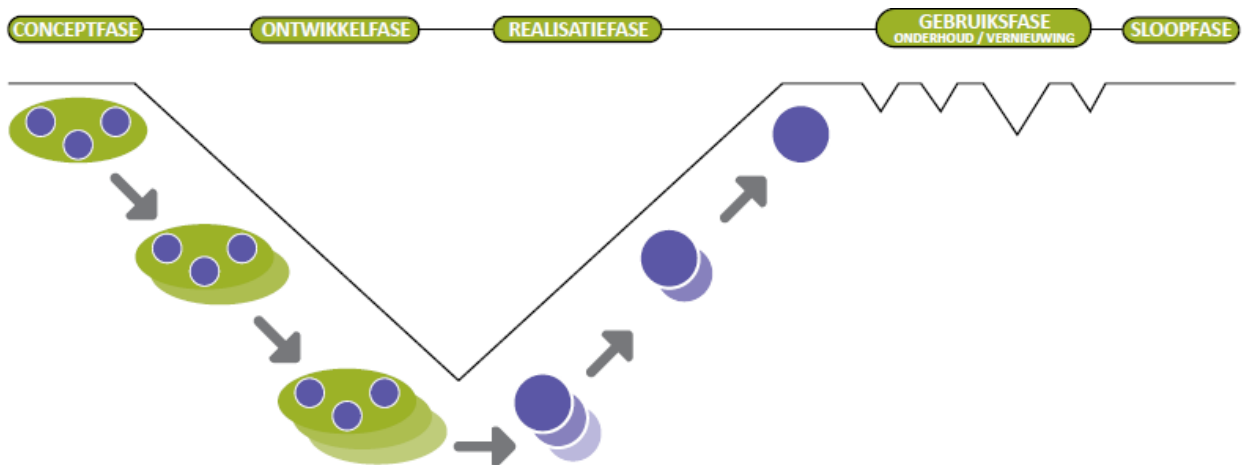
2.4.3 Gebruiks- en onderhoudsfase

Over de gehele levenscyclus van een systeem gezien, waarin alle fases, van initiatief tot sloop, worden doorlopen kan Systems Engineering een rol spelen. In principe vindt het specificatie- en realisatieproces meerdere keren plaats gedurende de levenscyclus. Voornamelijk vindt het specificatie- en realisatieproces plaats in de ontwikkel- en realisatiefase, zoals in de voorgaande paragrafen is beschreven.

Gedurende de gebruiks- en onderhoudsfase zal dit zich in kleinere mate herhalen. Na verloop van tijd zal in de gebruiksfase onderhoud aan het systeem benodigd zijn, zodat het systeem zijn functionaliteit op basis van het oorspronkelijke eisenpakket kan behouden. Op dit moment zal een (deel)systeem weer geanalyseerd worden en aan de hand van de bijbehorende eisen wordt opnieuw een ontwerp gemaakt en het daadwerkelijke onderhoud wordt gepleegd.

Naast onderhoud als gevolg van of ter voorkoming van een defect in het systeem, kan gedurende de levensduur van een systeem ook behoefte aan vernieuwing of verbetering ontstaan. Op dit moment moet het (deel)systeem aangepast worden aan de hand van een gewijzigd eisenpakket. Het komt bijvoorbeeld regelmatig voor dat verkeersintensiteit op een bepaald traject dusdanig toeneemt dat de capaciteit van een bepaalde verbinding mee moet groeien.

In Figuur 7 is weergegeven hoe het specificatie- en realisatieproces zich verdeelt over de levenscyclus van een systeem.



Figuur 7: V-model in levenscyclus. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

2.5 Conclusie

Het doel van dit hoofdstuk was inzicht verkrijgen in de systematiek van Systems Engineering, zodat in de volgende fase onderzocht kan worden hoe GIS en Systems Engineering elkaar kunnen versterken.

Met toonaangevende partijen als Rijkswaterstaat en ProRail als bepalende factor voor de implementering van Systems Engineering in de gehele GWW-sector, is het een werkwijze waar iedereen binnen de sector mee te maken zal krijgen. Het is een werkwijze die voortkomt uit de recente ontwikkeling van projecten die steeds complexer worden. Omdat de verwachting is dat deze trend door zal zetten in de toekomst, moeten de marktpartijen Systems Engineering omarmen en in hun voordeel gebruiken.

De structuur die Systems Engineering aanbrengt in de processen is essentieel voor grote infrastructurele DBFM projecten. Het vraagt echter ook om een bepaalde mindset van de medewerkers van het projectteam. Het is nou eenmaal niet zo dat iedere (nieuwe) medewerker bekend is met het Systems Engineering principe en daarom kan een ondersteunende tool wenselijk zijn.

De drie belangrijkste elementen van Systems Engineering zijn:

- **Splitsen van specificatie en ontwerpen.** Wat hierbij een belangrijke rol speelt is het decomponeren van het systeem. Er worden structuren aangebracht, zoals de eisen-, objecten- en activiteitenboom. Deze structuren zijn essentieel voor de complexe projecten, maar het decomponeren leidt tot het moeten bewaken van de samenhang en integraliteit van het geheel.
- **Verifiëren en Valideren (V&V).** Bij de geïntegreerde contracten, zoals DBFM, krijgt de opdrachtnemer een eisenpakket aangeleverd. Aan de hand van dit eisenpakket moet de opdrachtnemer een oplossing ontwerpen, realiseren en ook zelf verifiëren en valideren (keuren en controleren). Op deze manier is de opdrachtnemer opzichter op eigen werk. Dit leidt er toe dat een effectief V&V-plan opgesteld en ingevuld moet worden.
- **Levenscyclusoptimalisatie.** Een principe dat centraal staat bij Systems Engineering is levenscyclusoptimalisatie. Het gehele proces is gericht op een duurzame ontwikkeling van een systeem. Dit heeft een raakvlak met de contractvorm DBFM (Design, Build, Finance & Maintain) die we steeds vaker op de markt zien verschijnen. Bij deze contractvorm zal de opdrachtnemer ook een systeem willen realiseren die zo weinig mogelijk werk en kosten in de onderhoudsperiode zal opleveren.

De drie bovengenoemde principes zijn bedacht ter ondersteuning van complexe projecten. Waar echter voor gewaakt moet worden is dat het hulpmiddel niet even complex als het project wordt. Systems Engineering kan een project makkelijker maken voor alle projectmedewerkers, maar dan moeten deze medewerkers eerst bekend raken met de werkwijze. Door de structuur van Systems Engineering te koppelen aan de overzichtelijke werkomgeving van een Geografisch Informatie Systeem (GIS), wordt dit geheel wellicht inzichtelijk. Uit verder onderzoek moet blijken of deze koppeling de integraliteit van een project, het V&V-proces en documentmanagement tijdens een DBFM project kan ondersteunen.

3 GIS

Voor de volledige weergave van dit hoofdstuk wordt aangeraden de bijlage te raadplegen.

Dit afstudeeronderzoek is gericht op projectondersteuning op het gebied van proces- en informatiemanagement en wat voor rol GIS in combinatie met Systems Engineering daar in kan spelen. Nu de theorie achter Systems Engineering is onderzocht, is de tweede stap van dit onderzoek om de mogelijkheden van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) te onderzoeken. Nadat de theorie achter Systems Engineering en de mogelijkheden van een GIS zijn onderzocht, wordt op zoek gegaan naar een effectieve combinatie van de twee.

Om de mogelijkheden van een GIS te onderzoeken wordt in dit hoofdstuk een aantal deelvragen behandeld:

3.1. Algemeen

Wat is een GIS?

3.2. GIS in de GWW

Hoe wordt GIS in de wegenbouw gebruikt?

3.3. Recente ontwikkelingen

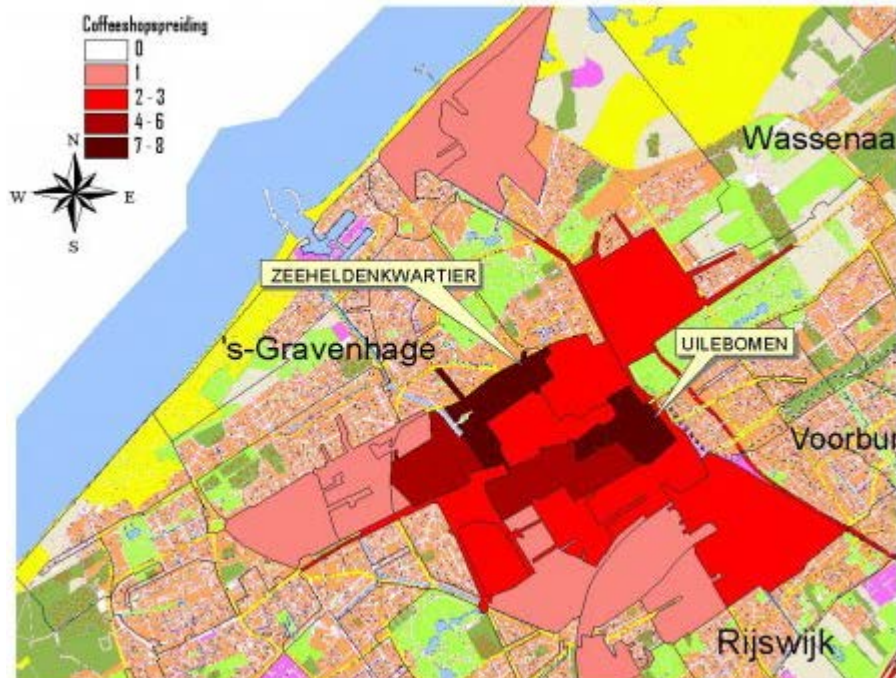
Wat zijn de huidige ontwikkelingen op het gebied van GIS?

3.4. Conclusie

Welke mogelijkheden biedt (Arc)GIS om in combinatie met Systems Engineering grootschalige infrastructurele projecten te ondersteunen?

3.1 Algemeen

GIS staat voor Geografisch Informatie Systeem. Een GIS is een digitale atlas bestaande uit kaartlagen en een database. Aan de kaartlagen kan informatie gekoppeld worden en weergegeven worden in kaartvorm. Zie als voorbeeld Figuur 8.



Figuur 8: Voorbeeld van een GIS afbeelding. Bron: edugis.nl

In een GIS wordt geo-informatie opgeslagen, dit is informatie waarin de locatie (x en y coördinaten) bekend is. Deze informatie kan door een GIS-programma uitgelezen worden om weer te geven in kaartvorm. De informatie kan bestaan uit punten, lijnen of vlakken en wordt opgeslagen in lagen. De volgorde van de lagen is hierbij van belang, als een kaartlaag met punten onder een kaartlaag met vlakken gestructureerd wordt, kan informatie uit de puntenlaag onzichtbaar worden. Een voorbeeld van de lagenstructuur is weergegeven in Figuur 25 (te vinden in Bijlage A, hoofdstuk 3.1).

Functionaliteiten

Een GIS bestaat uit hardware en software waarin men geografische data kan opslaan, bevragen, analyseren, combineren en weergeven. Het is een systeem waar een database aan verbonden is, welke verschillende soorten informatie kan bevatten en dit koppelt aan een locatie. Deze informatie kan weergegeven worden in kaart-, tabel- of grafiekvorm.

Voor dit onderzoek wordt het programma ArcGIS gebruikt. Dit is in Nederland het meest gangbare GIS-programma die toegepast wordt. Om de functies van een GIS weer te geven worden met behulp

GIS biedt de mogelijkheid om data te analyseren op basis van ruimtelijke relaties tussen meerdere datasets.

3.2 GIS in de GWW

GIS wordt sinds een aantal jaren in de GWW-sector gebruikt en waar de GIS-programma's steeds meer mogelijkheden bieden, wordt ook GIS steeds meer en toegepast in de GWW. Zowel aan de kant van opdrachtgevers als opdrachtnemers vindt GIS een steeds belangrijkere toepassing in de processen.

3.2.1 Opdrachtgever

Een onderdeel van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) is de digitale verplichting. Het is voor overheden verplicht om bestemmingsplannen, structuurvisies en verordeningen digitaal vast te leggen. Via een GIS-viewer kan iedereen bestemmingsplannen raadplegen via www.ruimtelijkeplannen.nl.

Rijkswaterstaat gebruikt geografische gegevens voor het ondersteunen van beheer en onderhoud. Een deel hiervan (o.a. het Nationaal Wegenbestand wegen, Nationaal Wegenbestand vaarwegen en het Digitaal Topografisch Bestand) is openbaar toegankelijk via pdokviewer.pdok.nl.

3.2.2 Opdrachtnemer

Veel aannemers hebben specialisten op het gebied van geo-informatica in huis. Technisch tekenwerk gebeurt vaak in Autocad, waar een GIS ondersteuning biedt op een meer informatieve manier. In het GIS worden geen ontwerptekeningen gemaakt, maar hier komen wel de lijnen uit de ontwerptekening in te staan. Deze lijnen worden in de laagstructuur van het GIS verwerkt en kunnen vervolgens bekeken worden door bijvoorbeeld werkvoorbereiders en vergunning managers.

Ontwerpfase

In de ontwerpfase kan een GIS gebruikt worden om raakvlakken te lokaliseren en oplossingen voor het te realiseren probleem te vinden. Daarnaast kan de GIS-omgeving constant gebruikt worden voor het creëren van praatplaatjes, waarbij op een overzichtelijke manier informatie gedeeld kan worden die voor iedereen te begrijpen is.

Realisatiefase

Een GIS kan in de realisatiefase gebruikt worden door zowel de 'binnen' als de 'buiten' mensen. Als bijvoorbeeld inmetingen en luchtfoto's in een GIS verwerkt worden, geeft dit de mensen op kantoor die toegang hebben tot het GIS een beeld van de actuele situatie buiten. Ook in deze fase is een GIS uitermate geschikt om tijdens vergaderingen te gebruiken als praatplaatje. Een GIS biedt ook de mogelijkheid om processen te begeleiden zoals omgevingsmanagement, verificatiemanagement en planning.

Beheerfase

Opdrachtnemers (veelal aannemers) gebruiken een GIS om het beheer van het wegennet te begeleiden. Voor de beheergeschiedenis van een weg wordt het GIS geraadpleegd, zoals welk bedrijf heeft wat gedaan en wanneer. Wanneer er vervolgens weer onderhoud is gepleegd aan de weg, wordt relevante informatie verzameld en gekoppeld aan de GIS-database. Dit geheel wordt op een bepaald moment overgedragen aan Rijkswaterstaat.

De input van de informatie komt meestal van de maatvoerders. Zij meten bijvoorbeeld een wegdeel in, bestaande lichtmasten en geleiderail en gerealiseerde riolering en kabeltracés. Deze ingemeten punten en lijnen worden verwerkt in Autocad en door een GIS-specialist in het GIS verwerkt.

3.3 Recente ontwikkelingen

De mogelijkheden voor geografische informatie systemen blijven groeien. Hieronder zijn enkele recente ontwikkelingen omschreven die een rol spelen bij het vervolg van dit onderzoek.

Applicaties

Applicaties, of apps, zijn onlosmakelijk verbonden met de huidige mobiele telefoons en tablets. Waar deze apps oorspronkelijk voor privé doeleinden ontwikkeld werden, komen er steeds meer zakelijke apps op de markt. Een voorbeeld hiervan is de ArcGIS app. Met de ArcGIS app kan in het veld via mobiel internet het GIS benaderd worden. Kaartlagen kunnen aan- en uitgeschakeld worden en in combinatie met GPS kan de eigen positie weergegeven worden. Op deze manier kan bijvoorbeeld een uitvoerder ter plaatse kijken waar kabels en leidingen liggen. Naast het raadplegen van het GIS, kan via de ArcGIS app ook informatie verzameld, bewerkt en ingevuld worden. Zo kan de uitvoerder bijvoorbeeld via zijn telefoon of tablet in het systeem invullen wat hij op een dag gemaakt heeft. Daarbij kan hij eventuele opmerkingen vermelden zoals opgetreden problemen en aanpassingen ten opzichte van het ontwerp.

ArcGIS Online

In een tijdperk van informatie delen (zie Figuur 32 in Bijlage A, hoofdstuk 3.4) krijgt het internet een steeds grotere rol in het dagelijkse leven. Waar ook in de GWW sector communicatie een essentiële rol speelt, moeten ontwikkelingen op het gebied van het delen van informatie op de voet gevolgd worden. Het in een GIS verwerken van informatie om vervolgens als praatplaatje te gebruiken ondersteunt deze communicatie en voorkomt misverstanden. ArcGIS Online maakt het delen van GIS-informatie verder toegankelijk. Waar bij een 'offline' GIS verbinding nodig is met een lokale server, kan met ArcGIS Online het GIS via internet benaderd worden. Dit maakt het mogelijk om via mobiel internet en de eerder genoemde ArcGIS app toegang tot het GIS te krijgen. Ook kan bijvoorbeeld met het toepassen van enkele restricties en beveiligingen het GIS toegankelijk gemaakt worden voor derden, zoals stakeholders en omwonenden.

BIM

Een zeer recentelijke ontwikkeling in de GWW is de toepassing van BIM (Bouw Informatie Modelleren). Bij BIM maakt men een virtueel bouwmodel, waarin het ontwerpen, bouwen en exploiteren is verwerkt. Het idee hierbij is dat het bouwproces virtueel van te voren doorlopen kan worden, waarbij alle betrokken disciplines in een vroeg stadium bij het ontwerpproces betrokken worden. Vervolgens wordt het ontwerp in combinatie met tijd en eventueel geld in een 3D-model verwerkt. In het 3D-model wordt alle relevante informatie over een object gedurende de levensduur van het object vastgelegd.

Bij BIM speelt systems engineering een grote rol en ook BIM is een methode die processen moet begeleiden en documentmanagement moet ondersteunen. Er is dus een zeker overlap met het onderwerp van dit onderzoek. Het grootste verschil is 3D en 2D, aangezien een GIS (grotendeels) 2D is en BIM 3D. Dit onderzoek richt zich op de projectondersteuning die een GIS kan bieden, omdat het 3D element bij grote infrastructurele projecten wellicht niet van toegevoegde waarde is als de toename aan complexiteit van software en werkwijze in beschouwing wordt genomen. Waar ArcGIS een laagdrempelig, toegankelijk programma is, gaat BIM al snel gepaard met ingewikkeldere software, wat op zijn beurt weer geld, tijd en opleiding van medewerkers vergt.

3.4 Conclusie

Het onderzoek is gericht op projectondersteuning op het gebied van proces- en informatiemanagement en wat voor rol GIS in combinatie met Systems Engineering daar in kan spelen. De theorie achter Systems Engineering is in hoofdstuk 2 onderzocht. Dit derde hoofdstuk was gericht op het onderzoeken van de mogelijkheden van het gebruik van een GIS, met nadruk op de toepassing van GIS in de GWW-sector. Er is een aantal onderdelen van (Arc)GIS die mogelijkheden biedt voor de koppeling met Systems Engineering om zo grootschalige infrastructurele projecten te ondersteunen:

Database koppeling

Het feit dat ArcGIS de mogelijkheid biedt om de database van het GIS op te zetten met behulp van Microsoft Excel, maakt het creëren van de database laagdrempelig en toegankelijk. Daarnaast kan de database van het GIS een aantal velden bevatten voor object gebonden informatie. Als in één van deze velden de objectcode volgend uit de SBS-structuur van Systems Engineering bevat, moet een koppeling tussen de GIS-omgeving en object gebonden informatie gemakkelijk te maken zijn. De voorwaarde die hier aan verbonden is, is dat de objectcode in de GIS-database voorkomt en in de object gebonden informatie. Dit kunnen bijvoorbeeld ontwerpdocumenten of contracten zijn.

Uit dit hoofdstuk is gebleken dat de basis voor een dergelijke koppeling binnen het programma ArcGIS aanwezig is. Hoe dit geheel er in de praktijk uit zal zien, zal blijken uit verder onderzoek en zal worden gedemonstreerd door middel van een fictief projectmodel.

Overzichtelijk

De interface van ArcGIS is dusdanig overzichtelijk en gemakkelijk in gebruik, dat er geen diepgaande studie voor nodig is om hier mee om te leren gaan. De basisfunctionaliteiten zijn aanwezig om een project ondersteunende tool te zijn en iedere projectmedewerker kan het programma in zijn eigen voordeel gebruiken. Naast het gebruiksgemak maakt het van bovenaf bekijken van het gehele project, waarbij kaartlagen naar gelieve aan- en uitgeschakeld kan worden een zeer overzichtelijke virtuele projectomgeving. Wanneer hierbij bijvoorbeeld luchtfoto's als ondergrond worden weergegeven, biedt het GIS voor alle geïnteresseerden een duidelijk beeld van het project.

Mobiliteit

Met ArcGIS Online en de ArcGIS app kan een GIS mobiel gemaakt worden. Het voordeel hiervan is dat het GIS overal geraadpleegd, bewerkt en aangevuld kan worden. Op deze manier kan er zowel op kantoor als in het veld in een GIS gewerkt worden. Beiden kunnen in het GIS een bewerking of opmerking plaatsen, waardoor locatie gerelateerde informatie gemakkelijk met elkaar gedeeld kan worden. Dit maakt communicatie tussen 'binnen en buiten' gemakkelijker.

Informatie kan niet alleen gedeeld worden, maar bepaalde informatie kan ook direct vastgelegd worden in het systeem. Als het bijvoorbeeld voor een uitvoerder mogelijk wordt gemaakt om terwijl hij in het veld staat in het GIS aan te geven wat er gerealiseerd is en of datgene al dan niet volgens ontwerp is gemaakt, biedt dit mogelijkheden om het verificatieproces te ondersteunen.

Nu de theorie van Systems Engineering en de mogelijkheden van (Arc)GIS zijn onderzocht, wordt in het vervolg van het onderzoek gekeken naar de wensen uit de praktijk en waar GIS ondersteuning kan bieden. Tijdens dit praktijkonderzoek worden enkele projecten bezocht en interviews gehouden.

Deel II: Praktijkonderzoek

H4 Praktijkonderzoek

In het eerste gedeelte van dit onderzoek is een aantal theoretische onderwerpen behandeld: Hoofdstuk twee is toegewijd aan Systems Engineering en de toepassing hiervan in de GWW-sector, het derde hoofdstuk is gericht op het onderzoeken van (Arc)GIS en de mogelijkheden hiervan. De volgende stap van het onderzoek is praktijk gericht. In deze fase wordt onderzocht hoe tijdens projecten in de praktijk Systems Engineering en GIS wordt gebruikt als projectondersteuning. Correspondierend met de scope van het onderzoek, wordt het praktijkonderzoek gericht op grootschalige infrastructurele DBFM-projecten.

Tijdens deze fase worden projecten bezocht en interviews gehouden met professionals. Door middel van interviews wordt een beeld verworven van proces- en documentmanagement bij grootschalige infrastructurele DBFM-projecten. Er wordt onderzocht wat voor keuzes in de voorfase van het project zijn gemaakt, wat de motivatie hier achter is en hoe de uitvoering hiervan tijdens de ontwerp- en realisatiefase verloopt. Daarnaast wordt onderzocht waar verder ondersteuning gewenst is en waar, een met Systems Engineering gecombineerde, GIS deze ondersteuning mogelijk kan bieden.

Aan het eind van dit praktijkonderzoek moet een beeld gecreëerd zijn van projectbeheersing in de praktijk en hoe GIS en Systems Engineering hierin ondersteunen. Dit praktijkbeeld, gecombineerd met de theoretische kennis opgedaan in de eerste fase van het onderzoek staat aan de basis te van het advies in het laatste deel van dit rapport.

De opbouw van dit hoofdstuk is als volgt:

4.1. Procesmanagement

4.1.1. MaVa A15

Een korte beschrijving van het project dat is bezocht om praktijkinformatie te verzamelen.

4.1.2. Procesmanager aan het woord

Het resultaat van het interview met een procesmanager van het project MaVa A15.

4.2. Documentmanagement

Een beschrijving van documentmanagement(systemen) en hoe dit op het project MaVa A15 verloopt.

4.3. Esri aan het woord

Het resultaat van een interview met een business developer van Esri over ArcGIS, SBS-codering en KernGIS.

4.4. Conclusie

4.1 Procesmanagement

4.1.1 MaVa A15

Om experts te vinden die relevante ervaring en informatie te delen hebben voor dit onderzoek, is een relevant project gezocht. Voor dit onderzoek is het project MaVa A15 bezocht (verbreding A15 traject Maasvlakte-Vaanplein). Dit project is door Rijkswaterstaat vastgelegd in een DBFM-contract. De opdrachtnemer, A-Lanes A15, is dus verantwoordelijk voor ontwerp, bouw, financiering en onderhoud.

Een korte omschrijving van het project: (Bron: bedrijfshandboek A-Lanes A15)

Als A-Lanes A15 (een samenwerking tussen Ballast Nedam, John Laing, Strabag en Strukton) zijn wij in december 2010 door Rijkswaterstaat aangewezen als geselecteerde gegadigde voor het publiek-private samenwerkingsproject A15 Maasvlakte - Vaanplein (MaVa). De A15 is een belangrijke verbinding tussen het uitbreidende Rotterdamse haven- en industriegebied en het Europese achterland. De overeenkomst die we hebben gesloten heeft een looptijd van 25 jaar en een totale nominale projectwaarde van circa € 1,5 miljard. Dit betekent dat we als A-Lanes A15 met het A15 MaVa-project werken aan de grootste opdracht die ooit door Rijkswaterstaat is aanbesteed.

Het A15 MaVa-project omvat de capaciteitsuitbreiding en het onderhoud van circa 37 km van de Rijksweg 15 tussen de tweede Maasvlakte en het Knooppunt Vaanplein. De capaciteitsuitbreiding betreft:

- Het aanleggen van extra rijstroken en verkeersmanagementsystemen, zodat de doorstroming en de veiligheid op de A15 sterk verbeteren.
- De aanleg van een nieuwe beweegbare brug ter vervanging van de huidige Botlekbrug over de Oude Maas, waarmee de scheepvaart van een knelpunt wordt verlost. De nieuwe Botlekbrug krijgt twee doorvaartopeningen van elk circa 90 m en ligt circa 14 m boven het water. Dit is twee keer zo hoog als de huidige brug voor het kruisende weg- en spoorwegverkeer, waardoor de nieuwe brug minder vaak open hoeft. De nieuwe Botlekbrug, die tot 45 m hoogte kan openen, zal een van de grootste beweegbare bruggen in de wereld worden.
- Het onderhoud van de A15, inclusief technische installaties, de bruggen en viaducten, en twee wegtunnels (Botlek en Thomassen).

De eerste uitvoerings-/onderhoudswerkzaamheden zijn gestart op 26 april 2011 en de realisatie van de nieuwe infrastructuur is volgens plan aanvang 2015 gereed.

De scope van dit afstudeeronderzoek betreft grootschalige, infrastructurele DBFM-projecten. Het MaVa-project, zoals deze hierboven is omschreven, mag zonder twijfel onder deze categorie genoemd worden. Daarom is dit project uitermate geschikt om als toetsproject te gebruiken voor het praktijkonderzoek.

In bijlage B zijn enkele visualisaties van het project te vinden.

4.1.2 Procesmanager aan het woord

Om een beeld te krijgen van projectmanager in de praktijk is er een professional op het gebied van project- en procesmanagement in de GWW benaderd en geïnterviewd. In dit geval is dat Roy Custers, procesmanager bij A-Lanes A15, Roads VOF. Roads VOF neemt het wegen gedeelte voor zijn rekening, daarnaast bestaat de projectorganisatie uit de VOF's Civil (civiele gedeelte) en Mobility (ontwerp en overkoepelende taken). Roy heeft de afgelopen jaren als projectmanager op verschillende GWW-projecten gewerkt en is via zijn huidige werkgever Ooms (onderdeel van Strukton) aangesteld als procesmanager bij A-Lanes A15. Roy legt uit: "Sinds april 2012 werk ik als procesmanager bij A-Lanes A15 Roads VOF. Procesbeheersing is normaal gesproken onderdeel van je taken als projectmanager. In verband met de drie combinanten en de omvang van het project, zijn er drie 'projectmanagers' aangesteld. Eén is verantwoordelijk voor het technische aspect, één beheerst het financiële aspect en ik beheer de processen."

Systems Engineering

In het kader van kwaliteitsbewaking wordt een aantal eisen gesteld door de opdrachtgever, Rijkswaterstaat, deze zijn vastgelegd in het contract. De projectorganisatie moet volgens het contract volgens de ISO15288 en ISO15504 normeringen te werk gaan. De ISO15288 norm betekent dat de principes van Systems Engineering door de gehele organisatie toegepast worden. De ISO15504 norm beschrijft op wat voor niveau managementprocessen in de organisatie beheerst worden.

"Op het gebied van KAM [kwaliteitsmanagement] heeft ieder bedrijf een eigen systeem, zo ook de combinanten van A-Lanes A15. Omdat deze systemen niet rechtstreeks overgenomen konden worden voor dit project, heeft de organisatie een nieuw kwaliteitssysteem ontworpen. Dit kwaliteitssysteem en de processen, die hier aan ten grondslag liggen, voldoet aan de [bovengenoemde] normen en hier worden we ook op ge-audit."

Procesbeheersing

De processen uit het kwaliteitssysteem zijn opgebouwd uit verschillende categorieën, namelijk:

- **Technische processen:**
 - Vaststellen eisen stakeholders
 - Eisenanalyse
 - Architectuurontwerp
 - Implementatie en integratie
 - Verificatie
 - Validatie
 - Exploitatie
 - Onderhoud
- **Contractuele processen:**
 - Verwerving
 - Levering
- **Project processen:**
 - Planning
 - Beoordeling en beheersing
 - Besluitvorming
 - Risicomanagement
 - Configuratiemanagement
 - Informatiemanagement
 - Meting
- **Bedrijfsprocessen:**
 - Life-cyclemanagement
 - Infrastructuurmanagement
 - Human Resource management
 - Kwaliteitsmanagement
 - Integraal veiligheidsproces

Roy vertelt welke processen onder andere onder de verantwoordelijkheid van Roads VOF vallen: “De technische processen zijn de hoofdlijn van het project en de bedrijfs-, project- en bedrijfsprocessen zijn daar ondersteunend aan. Wij zitten als Roads als uitvoerende partij vooral in de technische processen. De processen die wij raken zijn: integratie waar het ontwerp bij de uitvoering komt, verificatie en validatie, in kleinere mate het ontwerpproces en van de contractprocessen een deel inkoop en contractmanagement.”

Verificatie en Validatie

“Voor ons is momenteel het verificatieproces veruit het meest arbeidsintensieve proces. We zitten volop in de uitvoering en tegelijkertijd controleren wij hetgeen wat gebouwd is aan de hand van het ontwerp en de contracteisen. Het verificatie- en validatieproces is ook belangrijk qua geld, de betaling hangt vast aan het [ingevulde] verificatieplan.”, zegt Roy.

De opdrachtgever heeft de mate van verificatie in het contract vastgelegd. Omdat dit een belangrijk onderdeel van het project is, is er in een vroeg stadium van het project een verificatie- en validatieplan (V&V-plan) opgesteld. In dit plan staat wat en wanneer er gekeurd moet worden. Een belangrijke deadline voor het project is de “tussenbeschikbaarheidsdatum” (zie Figuur 9).



Figuur 9: Mijlpalen A-Lanes A15. Bron: verbredinga15.nl

Aan deze datum is een grote betaling van de opdrachtgever gekoppeld. Voor deze datum moet de projectorganisatie een substantieel gedeelte van het totale project afgerond hebben. Roy zegt: Dat niet alleen, ook moet, voor het gerealiseerde gedeelte, het verificatiedossier aangevuld worden. “Dit betekent voor veel projectmedewerkers die zich met het verifiëren bezig houden dat ze met een andere mindset en werkwijze te werk moeten gaan dan dat ze van oorsprong gewend zijn. Voor velen is dat een moeizame transitie. Ik denk dat er structurele ondersteuning op het gebied van verificatiemanagement gewenst is. Niet alleen hier, maar ik denk dat het in de gehele aannemerij gewenst is. Hierbij zijn twee zaken belangrijk: ten eerste moet men het nut en de noodzaak in gaan zien en ten tweede zou een visueel perspectief op het geheel wenselijk zijn.”

“Structurele ondersteuning op het gebied van verificatiemanagement is waarschijnlijk in de gehele aannemerij zeer gewenst.”

Roy Custers, Procesmanager bij A-Lanes A15

Relatics

Een hulpmiddel dat bij A-Lanes A15 voor eisen- en verificatiemanagement gebruikt wordt is het programma Relatics. Relatics wordt gebruikt als database waarin onder andere de eisen en de verificatiematrix opgeslagen zijn. Roy legt uit wat de voor- en nadelen van Relatics zijn: “Relatics is meer een hulpmiddel dan een ondersteunende tool. Het programma blinkt uit in het opslaan en categoriseren van informatie. Relatics is een database, maar een heleboel mensen die in deze fase met Relatics moeten werken zijn niet gewend om in een database te werken. Een hulpmiddel dat dit geheel toegankelijker zou maken, zodat verificatiemanagement meer gaat leven onder de projectmedewerkers, zou een waardevolle aanvulling zijn.”

KernGIS

Het valideren en verifiëren van het werk leidt uiteindelijk tot een onderdeel van het opleverdossier. Bij oplevering moet meestal ook een model van de weg en omgeving aangeleverd worden. Dit model wordt in het KernGIS verwerkt, een GIS die door Rijkswaterstaat wordt gebruikt ter ondersteuning van het beheer en onderhoud van rijkswegen. Roy licht toe: “KernGIS is het systeem waar Rijkswaterstaat mee gaat werken en waarin zij, op relatief diep niveau, object gerelateerde informatie in wil opslaan. De visie hierbij is dat een opdrachtnemer voorafgaand aan een project een model op basis van KernGIS aangeleverd krijgt, zodat de huidige situatie inzichtelijk wordt.”

Tijdens het project kan dit model en de bijbehorende database aangevuld en gewijzigd worden. Na afloop van het project wordt een actueel model, waarin de nieuwe situatie is verwerkt, terug gegeven aan Rijkswaterstaat. “Zover zijn we echter nog niet.”, zegt Roy. “Het KernGIS staat hier nog in de kinderschoenen. Na afloop van onze onderhoudsperiode, in 2035, moeten wij iets opleveren en waarschijnlijk zal dat een KernGIS model worden, maar dat is nog niet bekend.”

Als de opdrachtgever in (Arc)GIS werkt en daarin informatie over de infrastructuur en de omgeving opslaat, kan het wenselijk zijn om als opdrachtnemer ook in (Arc)GIS te werken, zodat er een model opgeleverd kan worden die eenvoudig door de opdrachtgever overgenomen kan worden. Het kan hierbij ook efficiënt zijn om de GIS-database op een dusdanige manier in te vullen, zodat ook dit eenvoudig in het GIS van de opdrachtgever op te nemen is.

Naast procesmanagement is documentmanagement een belangrijk element van DBFM-projecten. Nu procesmanagement is onderzocht vervolgt het praktijkonderzoek zich naar het documentmanagement. Hoe wordt informatie beheerd op projecten en waar kan GIS eventueel ondersteuning bieden? Er wordt eerst gekeken hoe documenten beheerd kunnen worden en hoe het op het project MaVa A15 verloopt en daarna volgt een gesprek met een business developer van Esri om de mogelijkheden van (Arc)GIS in dit geheel te bespreken.

4.2 Documentmanagement

Bij DBFM-projecten verschuiven naast de ontwerptaken, ook voor een groot deel de informatie dragende taken van opdrachtgever naar opdrachtnemer. Bij projecten van grote omvang, waar dit onderzoek zich op richt, is deze informatie van grote hoeveelheid. Om informatieverlies te voorkomen is het van groot belang om efficiënt met deze informatie om te gaan. Projectdocumenten moeten in een logisch opgebouwd document management systeem (DMS) opgeborgen worden die voor elke projectmedewerker die er mee moet werken gemakkelijk te raadplegen is.

Voor het beheren van projectinformatie zijn verschillende tools beschikbaar. Hierbij is bijvoorbeeld te denken aan SharePoint of Think project. Met deze twee programma's kunnen documenten in een (beveiligde) database opgeslagen worden. De documenten komen op een server te staan die via internet geraadpleegd kan worden vanaf een willekeurige locatie. Bij een dergelijk documentbeheersysteem zijn verschillende zaken van belang:

- **Structuur:** De documenten moeten op een logische plek opgeslagen worden. In het DMS wordt een mappenstructuur gecreëerd die opgebouwd moet zijn zodat iedereen die ermee moet werken zijn informatie gemakkelijk kan terugvinden.
- **Toegang:** Een beveiligde toegang tot het DMS kan gewenst zijn. Daarnaast hoeft niet iedere projectmedewerker toegang tot dezelfde informatie te krijgen.
- **Interface:** Als het DMS werkt via een desktoptoepassing of online applicatie is het van belang dat de interface de benodigde functionaliteiten aanbiedt en dat het geheel gebruiksvriendelijk is.
- **Revisiebeheer:** Voor projectdocumenten, zoals tekeningen, kan het voorkomen dat deze regelmatig aangepast moeten worden. Het gevolg hiervan kan zijn dat er verschillende versies van hetzelfde bestand in omloop komen. Om misverstanden te voorkomen moet het versienummer in het DMS vernoemd worden en naast het meest recente, ook oudere versies te benaderen en vergelijken zijn.

Op het bezochte project MaVa A15, wordt als DMS Think project gebruikt. Dit is een voorbeeld van een online toepassing met, daaraan verbonden, een database die projectinformatie bevat. Via de interface van het programma zijn functies te benaderen om bestanden bijvoorbeeld te *downloaden als pdf/dwg/zip*, *verwijderen* of *verzenden*. Per document worden eigenschappen als historie, status, discipline en datum weergegeven.

Programma's als SharePoint of Think project kunnen documentbeheer voor projecten ondersteunen, mits deze efficiënt en gebruiksvriendelijk zijn opgebouwd. Structuur en gebruiksgemak zijn hierbij van belang. Bij het structureren van het DMS kan gebruik gemaakt worden van bijvoorbeeld de boomstructuur van de SBS, volgend uit Systems Engineering. Omdat de SBS een zorgvuldig opgestelde structuur is, die vast onderdeel uitmaakt van elk DBFM-project, kan deze met minimale aanpassingen gebruikt worden om de structuur van het DMS op te baseren.

4.3 Business Developer Esri aan het woord

Tijdens het theorieonderzoek zijn de basisfunctionaliteiten en kwaliteiten van ArcGIS onderzocht. Omdat dit onderzoek zich richt op een uitgebreide toepassing van ArcGIS in het project, waarbij deze een prominente rol krijgt in het dagelijkse proces, is verder onderzoek naar de mogelijkheden van het programma vereist. Daarom is een interview gehouden met een Business Developer van Esri, de leverancier van ArcGIS. De mogelijkheden van ArcGIS om documentmanagement te ondersteunen zijn besproken, evenals de mogelijkheden om ArcGIS met Relatics te koppelen om het verificatieproces te ondersteunen.

Uit het gesprek is duidelijk geworden dat ArcGIS mogelijkheden biedt om gekoppeld te worden met het DMS-programma SharePoint. SharePoint is een online toepassing en is daarom via een URL-adres te benaderen. Dit URL adres kan in de GIS-database opgeslagen worden en op die manier via hyperlink met een muisklik op een GIS-object toegankelijk gemaakt worden. Hierbij is het van belang dat de projectmap op SharePoint enkel informatie bevat die correspondeert met het GIS-object.

Omgekeerd, kan via SharePoint ook het GIS geraadpleegd worden. Het is mogelijk, wanneer een projectmap van een bepaalde discipline of object benaderd wordt, om een uitsnede van het GIS in SharePoint weer te geven. Als men bijvoorbeeld in SharePoint naar de map 'riolering sectie 1' gaat, kan een GIS-weergave van de riolering in sectie 1 in SharePoint weergegeven worden.

Uit het gesprek is ook gebleken dat naast de koppeling tussen ArcGIS en SharePoint, een koppeling tussen ArcGIS en Relatics ook mogelijk is. Op dezelfde manier als bij de koppeling met SharePoint, zijn object-gerelateerde eisen en verificaties toegankelijk via hyperlink. Hierbij is het ook mogelijk om door ArcGIS de database van Relatics te raadplegen. Dit wil zeggen dat ArcGIS voor een bepaald object de servers van Relatics kan controleren om de status van verificatie van dat object vervolgens weer te geven. In het GIS kan deze status vervolgens visueel gemaakt worden. Men kan bijvoorbeeld instellen dat een object rood of groen gemarkeerd wordt als deze al dan niet reeds geverifieerd is. Op deze manier kan het verificatieproces op een visuele manier ondersteund worden.

Automatisering

Om geautomatiseerde koppelingen te maken tussen ArcGIS en SharePoint of ArcGIS en Relatics, is een overeenkomstig element benodigd. Er moet een uniforme code gebruikt worden in de verschillende databases om informatie te kunnen koppelen. Als uniforme code kan bijvoorbeeld de SBS-codering gebruikt worden. Wanneer bijvoorbeeld zowel het GIS-object, als het bijbehorende verificatieplan in Relatics deze code bevat, kan de koppeling tussen de twee databases geautomatiseerd worden en kunnen de twee programma's informatie van dit object van elkaar raadplegen.

KernGIS

Om verdere kennis over het KernGIS te vergaren is ook dit onderwerp in het interview behandeld. Uit het gesprek bleek dat met KernGIS zowel het 'bestand' als het programma bedoeld kan worden. KernGIS, zoals deze is omschreven in hoofdstuk 4 is gebaseerd op ArcGIS. Deze GIS, welke ontwikkeld wordt door Rijkswaterstaat, bevat de 'basiskaart' DTB (Digitaal Topografisch Bestand) en deze wordt aangevuld met object gebonden informatie ten behoeve van het onderhoudsproces. Er wordt ook gewerkt aan een koppeling met een Enterprise Asset Management Systeem (beheersmanagement). Op deze manier moeten de taken en status met betrekking tot het onderhoud ondersteund worden.

4.4 Conclusie

Na het theoretische onderzoek is nu ook een perspectief uit de praktijk onderzocht. Om een beeld te krijgen van het projectmanagement in de praktijk is een DBFM project in uitvoering bezocht.

Uit dit praktijkonderzoek zijn drie belangrijke conclusies te trekken:

Systems Engineering staat aan de basis van procesmanagement

Het project volgt de normen ISO15288 en ISO15504. Deze normen zijn bepaald door de opdrachtgever en vastgelegd in het contract. Deze normen bepalen dat gedurende het gehele project volgens Systems Engineering wordt gewerkt en dat processen op een bepaald niveau beheerst moeten worden. Deze normen worden bij alle DBFM projecten toegepast, wat betekent dat op alle DBFM projecten volgens Systems Engineering gewerkt moet worden en procesmanagement een belangrijke rol speelt. Dit maakt een ondersteuning op het gebied van procesmanagement met behulp van Systems Engineering een logische oplossing.

Ondersteuning op het gebied van verificatiemanagement is gewenst

Bij DBFM projecten moet de opdrachtnemer, naast het ontwerpen en bouwen, het werk ook keuren volgens een verificatie- en validatieplan. Het is een proces die nieuwe taken en verantwoordelijkheden met zich mee brengt. Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat de meeste projectmedewerkers, die met verificaties te maken krijgen, moeite hebben hier efficiënt mee om te gaan. Dit lijkt een probleem te zijn dat zich over de gehele aannemerij voordoet. Een visuele ondersteuning voor het verificatieproces met behulp van bijvoorbeeld ArcGIS is gewenst.

Ontwikkelingen op het gebied van KernGIS

Opdrachtgevers als Rijkswaterstaat en lagere overheden werken veel in ArcGIS. Hierin houden zij gegevens bij over het wegennet ter ondersteuning van beheer en onderhoud. Een recente ontwikkeling op dit gebied is het toepassen van KernGIS. Hierin wil de overheid relatief diepgaande informatie over weg en omgeving opslaan. Zo kan voor nieuwe projecten een KernGIS model aan de opdrachtnemer geleverd worden die alle benodigde informatie bevat over de huidige situatie. Het KernGIS is nog in ontwikkeling, maar bij veel grote infrastructurele projecten wordt de opdrachtnemer verplicht om een GIS model op te leveren. Het kan praktisch zijn om als projectorganisatie tijdens de ontwerp- en realisatiefase zoveel mogelijk in (Arc)GIS te werken en deze GIS op een efficiënte manier in te vullen, zodat het model ongecompliceerd overgenomen kan worden door de opdrachtgever.

Koppeling tussen ArcGIS en Systems Engineering

Uit het gesprek met de leverancier van ArcGIS, Esri, is gebleken dat het implementeren van de SBS uit Systems Engineering in de database van het GIS kan leiden tot een koppeling tussen het GIS en het DMS en ook Relatics. Dit biedt mogelijkheden om zowel document-, als verificatiemanagement op een visuele manier te ondersteunen.

In de vervolgfase van dit onderzoek wordt het advies geschreven. Het voorafgaande theorie- en praktijkonderzoek vormt de basis voor het opstellen van het advies. Er wordt advies uitgebracht voor opdrachtnemers van grote infrastructurele DBFM-projecten over hoe GIS gebruikt kan worden om het project te ondersteunen op het gebied van proces- en documentmanagement.

Deel III: Advies

H5 Advies

Het voorbereidende onderzoek, bestaande uit een literatuur- en een praktisch gedeelte, is in de voorafgaande fase afgerond. In de eerste hoofdstukken zijn thema's als geïntegreerde contracten, Systems Engineering, GIS en verificatiemanagement behandeld. Nu het voorbereidende onderzoek is afgerond, is de fase van het opstellen van het advies bereikt. In deze fase wordt een advies opgesteld voor opdrachtnemers van grootschalige infrastructurele DBFM-projecten. De kennis die is opgedaan in de voorafgaande fase van theorie- en praktijkonderzoek staat aan de basis van dit advies. In het advies wordt een aanbeveling gedaan over de inzet van (Arc)GIS in combinatie met Systems Engineering om projecten te ondersteunen.

De opbouw van het komende hoofdstuk is als volgt:

5.1. Resultaten vooronderzoek

De belangrijkste resultaten van het voorafgaande theorie- en praktijkonderzoek die aan de basis staan van het advies worden hier behandeld.

5.2. GIS in de Ontwerpfase

Om het advies hoofdstuk te structureren wordt het opgedeeld in verschillende projectfases. Hierbij wordt het project opgedeeld in de globale fases van ontwerp, realisatie en beheer. Om te beginnen wordt beschreven hoe GIS in de ontwerpfase (en voorafgaande tenderfase) moet worden opgezet.

5.3. GIS in de Realisatiefase

Voor de vervolgfase van realisatie wordt beschreven hoe het GIS gebruikt kan worden om document- en verificatiemanagement te ondersteunen.

5.4. GIS in de Beheerfase

Voor de beheer- en onderhoudsfase en de oplevering wordt beschreven hoe het GIS gebruikt wordt om het beheer en onderhoud te ondersteunen en de oplevering eenvoudig te laten verlopen.

5.5. Demonstratiemodel

De ondersteunende functionaliteiten van GIS worden gedemonstreerd met behulp van een fictief projectmodel. Door middel van screenshots de werking van het programma geïllustreerd.

5.1 Resultaten onderzoekfase

Dit onderzoek is gericht op de mogelijke ondersteuning die GIS, in combinatie met Systems Engineering, kan bieden voor grootschalige infrastructurele DBFM projecten. (Arc)GIS wordt veel gebruikt over de gehele GWW-sector, omdat het programma zich heeft bewezen in de praktijk. In een GIS kan locatie gerelateerde informatie opgeslagen, weergegeven en bewerkt worden. Het is een tool die projectinformatie op een overzichtelijke manier kan weergeven met een laagdrempelige interface. In de voorfase van dit onderzoek is het idee ontstaan dat het gebruik van GIS mogelijkheden biedt om in te spelen op de ontwikkelingen betreffende het steeds vaker toegepast worden van geïntegreerde contracten in de GWW en de uitdagingen die dit met zich mee brengt voor opdrachtnemers.

Tijdens de vorige fases van dit onderzoek is onderzocht wat de mogelijkheden zijn van GIS, wat Systems Engineering is en wat de wensen uit de praktijk zijn. De resultaten hiervan vormen de basis van het komende advies. In het vervolg worden de belangrijkste conclusies van het vooronderzoek in chronologische volgorde behandeld, waarna overgegaan wordt op het opstellen van het advies.

5.1.1 Geïntegreerde contracten

De oorsprong van het onderwerp van dit onderzoek ligt bij het steeds meer toegepast worden van geïntegreerde contracten in de GWW-sector. Op politiek niveau is er besloten om meer taken bij marktpartijen te plaatsen en bij de overheid weg te halen. Dit heeft directe gevolgen voor de projecten van opdrachtgevers als Rijkswaterstaat of provincies die op de markt komen. De opdrachtgever stelt een uitvraag, waarna het project voor een groot deel door de opdrachtnemer zelf wordt ingericht.

Dit onderzoek richt zich uitsluitend op infrastructurele projecten volgens DBFM contract. Bij deze contractvorm is de opdrachtnemer verantwoordelijk voor zowel bouwen en ontwerpen, als financieren en onderhouden over een bepaalde periode. De opdrachtgever levert een eisenpakket, aan de hand waarvan de opdrachtnemer een ontwerp moet maken, de weg moet bouwen, zijn eigen werk moet keuren (en documenteren) en een fase van beheer en onderhoud voor zijn rekening neemt. Met name het keuren en documenteren is een nieuwe taak met veel uitdagingen voor de meeste opdrachtnemers. Bij de nieuwe taken die de opdrachtnemer krijgt toebedeeld hoort ook een toenemende informatie dragende verantwoordelijkheid, die voor de nodige uitdagingen zorgt.

5.1.2 Systems Engineering

Systems Engineering is onlosmakelijk verbonden met DBFM contracten. Systems Engineering is een manier om een complex project te structureren om zo informatiestromen te begeleiden en het werken op basis van geïntegreerde contracten voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer te ondersteunen. Processen die hierin centraal staan zijn specificeren en decomponeren. Het systeem (project) wordt gedecomposeerd en er worden structuren ontwikkeld als een eisen-, objecten- en activiteitenboom.

De ondersteunende kwaliteiten van Systems Engineering worden pas optimaal benut als projectmedewerkers bekend raken met de basis van Systems Engineering en de structuren die hierbij horen in hun voordeel kunnen gebruiken. Uit het onderzoek is gebleken dat werken op basis van geïntegreerde contracten en Systems Engineering zowel kansen als uitdagingen met zich meebrengt voor de opdrachtnemer. Een visuele ondersteuning zou hierin kunnen begeleiden en verduidelijken.

5.1.3 GIS

GIS staat voor Geografisch Informatie Systeem. ArcGIS is in Nederland het meest toegepaste programma die wordt gebruikt om een GIS te maken. GIS wordt in veel verschillende disciplines toegepast, zo ook in de wegenbouw. Een GIS kan gebruikt worden om locatie gebonden informatie op te slaan, weer te geven, te analyseren en meer. Veel opdrachtgevers zoals Rijkswaterstaat, maar ook lagere overheden, hebben een GIS om informatie over de infrastructuur op te slaan en om het beheerproces te begeleiden.

Ook opdrachtnemers kunnen een GIS gebruiken om projectinformatie in op te slaan. Door als ondergrond luchtfoto's of een kaart te gebruiken en hierover een selectie van CAD-lijnen, -vlakken en -punten te projecteren wordt een overzichtelijke weergave van het project gecreëerd. Het programma ArcGIS is laagdrempelig in gebruik, maar bevat veel mogelijkheden om informatie weer te geven, te koppelen of toegankelijk te maken via hyperlinks.

Huidige ontwikkelingen op het gebied van GIS bieden steeds meer mogelijkheden om projecten te ondersteunen. Zo is er bijvoorbeeld ArcGIS online, een toepassing die het GIS altijd en overal te benaderen maakt via internet. Ook is er de ArcGIS app, waarmee bijvoorbeeld een uitvoerder in het veld via zijn tablet het GIS kan raadplegen. Een andere ontwikkeling is het KernGIS, een systeem ontwikkeld door Rijkswaterstaat, gebaseerd op ArcGIS. Deze bevat een model waarmee Rijkswaterstaat informatie bijhoudt betreffende haar wegennet als ondersteuning op het beheer.

5.1.4 Verificatiemanagement

Uit het praktijkonderzoek is gebleken dat met name het verificatiemanagement een proces is die veel uitdagingen met zich mee brengt voor de opdrachtnemer. Het feit dat men naast het bouwen ook zijn eigen werk moet keuren en deze keuringen vervolgens verwerken in een verificatiedossier wordt soms vergeten of er wordt niet genoeg aandacht aan besteed. Dit terwijl het belang van het verwerken van de verificaties zeer groot is, het maakt deel uit van het opleverdossier en financieel is er veel van afhankelijk. Er mag geconcludeerd worden dat ondersteuning op het gebied van verificatiemanagement gewenst is.

5.1.5 Documentmanagement

Een belangrijk onderdeel van ieder wegenbouwproject is documentbeheer. Efficiënt met projectdocumenten omgaan voorkomt communicatiefouten, faalkosten en dubbel werk. Des te meer is dit het geval bij grote DBFM-projecten, waarbij de hoeveelheid projectdocumenten groot is. Het is van belang een effectief DMS (documentmanagementsysteem) op te zetten, die overzichtelijk en laagdrempelig in gebruik is. Als informatie gemakkelijk te vinden is, kan het ook snel zijn doel vinden en gebruikt worden. Ter voorkoming van het gebruik van achterhaalde informatie is revisiebeheer van groot belang. De nieuwste versie van een document moet snel te vinden zijn en gebruikt worden, maar ook oudere versies moeten geraadpleegd kunnen worden.

Programma's als Think project of SharePoint zijn voorbeelden van online DMS. Hiermee kan, met beveiligde toegang, overal en altijd projectinformatie benaderd worden via internet. In een dergelijk DMS wordt een mappenstructuur gecreëerd die opgebouwd moet zijn zodat iedereen die ermee moet werken zijn informatie gemakkelijk kan terugvinden. Het is een mogelijkheid om deze mappenstructuur te baseren op de structuur volgend uit Systems Engineering.

Uit het vooronderzoek is gebleken dat als gevolg van de geïntegreerde contractvormen er een aantal uitdagingen ontstaan voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer. Om een mogelijke ondersteuning te zoeken zijn de mogelijkheden van (Arc)GIS onderzocht. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt, zoals deze is opgesteld in hoofdstuk 1.4:

Hoe kan met behulp van GIS proces- en informatiemanagement voor grootschalige infrastructurele DBFM projecten ondersteund worden?

Om antwoord te geven op deze vraag wordt de ondersteunende rol die GIS kan vervullen in het project beschreven in drie verschillende fases. Het project wordt globaal opgedeeld in ontwerpfase, realisatiefase en beheerfase. Voor deze fases wordt in het vervolg beschreven hoe GIS gebruikt kan worden om ondersteuning te bieden op het gebied van proces- en informatiemanagement.

5.2 GIS in de ontwerpfase

Voorafgaand aan de ontwerpfase is er de tenderfase. De tenderfase is juist een fase waarin visualisaties uit een GIS een belangrijke rol kunnen spelen. Bij veel projecten is het dan ook zo dat in deze fase een GIS wordt gemaakt, waarmee bijvoorbeeld ontwerpkeuzes, raakvlakken en faseringen geïllustreerd kunnen worden.

In deze fase, waarin het GIS wordt opgezet, is het van belang dat er nagedacht wordt over het detailniveau, de lagenstructuur en de functie van dit GIS. Afhankelijk van vele factoren, zoals de omvang en complexiteit van het project, moeten keuzes worden gemaakt over het gebruik van GIS. Omdat dit advies bedoeld is om opdrachtnemers te ondersteunen bij DBFM-projecten, wordt als uitgangspunt genomen dat de omvang en complexiteit van projecten groot is. Bij projecten van dergelijke omvang (en budget) is het mogelijk, of zelfs essentieel, om oplossingen te bedenken om de algemene workflow te verbeteren.

In dit geval wordt die oplossing gezocht in de toepassing van ArcGIS. Waar ArcGIS wordt gebruikt in huidige wegenbouw projecten, heeft het bewezen een effectieve tool te zijn in het digitaal visualiseren van het project, raakvlakken en het creëren van praatplaatjes. Uit het vooronderzoek is gebleken dat ArcGIS naast visuele kwaliteiten en gebruiksgemak ook functies bevat om gekoppeld te worden aan andere databases. Via het GIS kan het documentmanagementsysteem benaderd worden, maar het programma kan ook de eisen-/verificatiedatabase raadplegen. Het verbindende element, om deze koppeling te kunnen automatiseren, is codering. Een uniforme codering voor zowel het object in GIS, het document (of map) en aan de eis en bijbehorende verificatie maakt deze koppeling mogelijk.

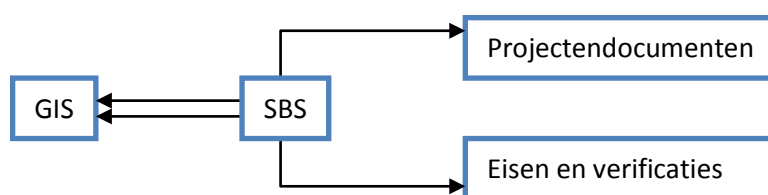
Voor deze codering kan de SBS gebruikt worden. De SBS, ook wel objectenboom genoemd, is onderdeel van Systems Engineering en daarom ook een vast element van DBFM-projecten. Als onderdeel van het structurerende karakter van Systems Engineering, worden in de SBS projectcomponenten, bij wijze van systemen en deelsystemen, tot op een bepaald diepteniveau gestructureerd en gecodeerd. Het opzetten van de SBS wordt door een specialist gedaan, een system engineer. Dit proces begint al in de tenderfase.

In de tenderfase, waar de SBS en het GIS wordt gecreëerd, wordt ook het DMS (documentmanagementsysteem) opgezet. Het is belangrijk om in deze fase, in verband met de koppeling die we willen maken, een en ander op elkaar af te stemmen. De SBS is door een specialist gemaakt en deze structuur wordt leidend vanaf dit moment. De structuur die volgt uit de SBS is te gebruiken om de mappenstructuur van het DMS vormen. Het DMS is dan overzichtelijk gestructureerd en dit vormt direct de basis voor de koppeling met het GIS.

Ook bij het creëren van het GIS moet rekening gehouden worden met de SBS. De opbouw van een GIS is een proces van keuzes maken waarin, net als bij het opbouwen van de SBS, nagegaan wordt tot wel detailniveau er gespecificeerd wordt. Globaal zal het GIS daarom ook vaak overeenkomen met de SBS in de zin van structuur en detailniveau. Om de koppeling te kunnen maken met het DMS en het VMS (verificatiemanagementsysteem) moet de eerder genoemde uniforme codering aanwezig zijn in de GIS-database. Hiervoor wordt de SBS code van een bepaald object vermeld in de database van het GIS.

Deze objectcode, zoals deze is vermeld in de GIS-database, maakt koppeling met andere databases mogelijk, zolang deze dezelfde codering bevatten. Daarom moet deze ook in het DMS en VMS vermeld worden. Het VMS, ter ondersteuning van verificatie en validatie, wordt opgesteld in de tenderfase. Dit systeem bevat zowel de eisen als de verificatiematrix en wordt opgesteld aan de hand van het eisenpakket van de opdrachtgever. Omdat dit eisenpakket is opgesteld op basis van Systems Engineering, heeft het overlapping met de SBS. Om de eisen en verificaties toegankelijk te maken via het GIS moeten deze in het VMS de SBS-code bevatten. Tijdens het vooronderzoek is gebleken dat Relatics een veel gebruikt programma is voor verificatiemanagement en dat deze eenvoudig met ArcGIS te koppelen is.

Ook een koppeling tussen GIS en de DMS-toepassing SharePoint is mogelijk gebleken in het vooronderzoek. Door, zoals hierboven beschreven, de mappenstructuur conform de structuur van de SBS op te bouwen is dit eenvoudig te koppelen aan het GIS. Koppelingen zijn dus te creëren tussen ArcGIS en SharePoint en ArcGIS en Relatics, door de SBS als gemeenschappelijke factor te gebruiken:



Conclusie

Projectdocumenten en eisen en verificaties zijn toegankelijk gemaakt via het GIS door gebruik te maken van Systems Engineering en de SBS structuur die hierbij hoort. Aangezien Systems Engineering en het creëren van de SBS tot de standaard taken van een opdrachtnemer van een DBFM-contract behoort, vergt het geen intensieve verdere inspanning om de koppeling, zoals die hierboven is omschreven tot stand te brengen. Als er in de tender- en ontwerpfase goed wordt nagedacht over de SBS en GIS en de structuur en het detailniveau van beiden, kunnen ze elkaar versterken en zo projectdocumenten en eisen en verificaties toegankelijker maken.

5.3 GIS in de realisatiefase

De tenderfase is afgerond, het project is aangenomen en het voorlopige ontwerp van het project is klaar. De grens tussen ontwerp- en realisatiefase is in de praktijk wellicht een fictieve grens, omdat er tijdens de realisatiefase vaak nog bijgeschaafd en aangepast wordt. Er wordt in dit geval echter vanuit gegaan dat bij deze faseovergang een punt is bereikt dat het project volgens Systems Engineering grotendeels is gespecificeerd en gedecomposeerd en dat de SBS-structuur afgerond is. In de tender- en ontwerpfase is het GIS, DMS en VMS opgebouwd op een manier dat deze met elkaar kunnen corresponderen met behulp van de SBS-structuur zoals deze in het vorige hoofdstuk is omschreven.

Waar het in de tender- en ontwerpfase meer draaide om het opbouwen van het GIS, DMS en VMS en in mindere mate om het gebruik hiervan, zal dat in de realisatiefase van het project anders zijn. Nu in de vorige fases de inspanning is geleverd om de systemen op te bouwen, kunnen de systemen in de realisatiefase gebruikt worden om het project te ondersteunen in documentmanagement en verificatiemanagement. In het vervolg van dit advies wordt beschreven hoe het GIS, zoals deze in de vorige fases is opgezet, de opdrachtnemer zal ondersteunen. Hiervoor kruipen we in de rol van werkvoorbereider, projectmanager en uitvoerder.

Werkvoorbereider

De werkvoorbereider is bezig een werkplan te schrijven voor een stuk nieuw aan te leggen riool, in sectie 2, in de buurt van een gevoelig leidingentracé. De leidingeigenaren hebben om dit werkplan gevraagd. Het eerste wat hij doet is in ArcGIS de situatie bekijken. Met een ondergrond van recente luchtfoto's, het nieuwe wegtracé, de riolering en kabels en leidingen geprojecteerd in het GIS maakt hij voor zichzelf een visualisatie van de stand van zaken. Het stuk riool waarvoor hij een werkplan schrijft ligt op ongeveer vijf meter van de gasleidingen verwijderd. Verder is te zien dat het riool op aanzienlijke diepte komt te liggen, dus er zal een soort grondkering aangebracht moeten worden.

In het GIS zijn beperkte details te zien zoals bob, diameter en materiaal van de rioolbuis, en de eigenaren van de leidingen, maar voor gedetailleerde tekeningen moet de werkvoorbereider SharePoint raadplegen. De benodigde tekeningen en documenten zijn met een muisklik vanuit GIS toegankelijk. In de voorfase van het project zijn namelijk het GIS en DMS met behulp van SBS-codering corresponderend gemaakt. De SBS-code van het riool waarvoor het werkplan geschreven moet worden is 1.02.03.05.01.02. Deze code zal in het werkplan vermeld komen te staan, maar hoeft niet memoriseerd te worden, de SBS-code kan in het GIS terug gevonden worden. Omdat het GIS via de SBS-codering met het DMS is gelinkt, komt de werkvoorbereider met een muisklik via zijn GIS in de projectmap van de riolering in sectie 2 terecht. Hier vindt hij de ontwerptekeningen van de riolering, aan de hand waarvan hij de detailschets van zijn rioolkist kan maken voor in het werkplan.

In de map die via het GIS is benaderd, is alle informatie voor de nieuw te realiseren riolering in sectie 2 terug te vinden. Naast de ontwerptekeningen, kan de werkvoorbereider zelf de correspondentie met de leidingeigenaren, afspraken en contracten, berekeningen, praatplaatjes, etc. plaatsen. Dit alles is toegankelijk vanuit de overzichtelijke, laagdrempelige werkomgeving van ArcGIS.

De werkvoorbereider stuurt een plaatje vanuit GIS met het betreffende riool naar de maatvoering met de vraag of ze het uit willen zetten. De maatvoerders zetten de rioolstreng uit en markeren door middel van gekleurde piketjes de gevoelige leidingen in het veld.

Uitvoerder

De uitvoerder heeft van zijn werkvoorbereider de benodigde tekeningen voor het riool in sectie 2 gekregen en de rioolbuizen en putten liggen klaar op de werkplek. Hij ziet aan de gekleurde piketjes dat de gasleidingen op ongeveer vijf meter van de te plaatsen riolering ligt. Hij kijkt voor de zekerheid nog even op zijn tablet in de ArcGIS App om te kijken of er nog oude riolering of kabels in de buurt liggen, niks te zien. De kraanmachinist begint te graven op de plek waar de eerste put moet komen en de rioleerders hangen de haken aan de put zodat deze geplaatst kan worden. De put wordt zonder problemen geplaatst en de rioollaser wordt ingesteld. De eerste paar buizen worden zonder complicaties gelegd, maar naarmate er dieper en dichter langs de kabels gegraven moet worden is het tijd om de rioolkist te plaatsen.

De rioolkist wordt geplaatst zodat er verder gerioleerd kan worden zonder instortingsgevaar van de grond aan de kant van de gasleidingen met alle gevolgen van dien. Er wordt nog een aantal buizen gelegd, totdat op een gegeven moment een overstekende HDPE-leiding wordt gevonden. Deze doorkruist vanuit de kant van het leidingentracé ter hoogte van hectometerpaaltje 150,7 de lijn van de nieuwe riolering. De uitvoerder kijkt nogmaals in zijn ArcGIS app, maar ziet geen HDPE-leiding die hier zou moeten lopen. Hij plaatst ter hoogte van hectometer 150,7 bij de nieuwe riolering in het GIS een opmerking over de aangetroffen HDPE-leiding en belt zijn werkvoorbereider. Hij vertelt het verhaal en vraagt de werkvoorbereider om in het GIS de situatie met de opmerking te bekijken.

Er is niks bekend over deze leiding, dus het zekere wordt voor het onzekere genomen. Omdat er geen ruimte is langs het gasleidingstracé om de HDPE-leiding uit te graven en omhoog of omlaag te brengen, zal het nieuwe riool moeten wijken. De werkvoorbereider weet ondertussen dat er geen water op straat zal komen als het riool 10 cm hoger gelegd wordt dan in het ontwerp staat en laat dit de uitvoerder weten. Ze trekken de reeds geplaatste buizen uit de grond, brengen de rioolput een paar centimeter omhoog en stellen de rioollaser opnieuw in, ditmaal bijna waterpas.

Projectmanager

Tijdens het wekelijkse werkoverleg hoort de projectmanager van de werkvoorbereider dat het riool zonder problemen met betrekking tot de gevoelige gasleidingen is gerealiseerd. Het riool moest wel 10 cm hoger gelegd worden in verband met een aantreffen van een onbekende HDPE-leiding, maar dit zou geen nadelige gevolgen voor de afwatering moeten betekenen. De projectmanager zegt tegen de werkvoorbereider dat hij dit zwart op wit moet zien te krijgen, omdat dit van belang is voor het verificatiedossier.

Het volgende punt op de vergaderagenda is de voortgang van de verificaties. Er komt een belangrijke deadline aan waarvoor een groot deel van het werk in sectie 2 niet alleen gereed moet zijn, maar ook geverifieerd moet worden, anders komt er geen geld van de opdrachtgever. Via het beamerschermb start de projectmanager ArcGIS op en scrolt naar sectie 2 en schakelt de laag 'verificaties' aan. Deze laag is het resultaat van de geautomatiseerde koppeling tussen ArcGIS en Relatics. In het scherm verschijnen nu rode en groene vakjes, die aangeven welke objecten al dan niet geverifieerd zijn.

Er is een aantal verificaties dat nog niet uitgevoerd of ingevuld is en de projectmanager wijst zijn mensen erop om deze verificaties zo spoedig mogelijk in te vullen, zodat het verificatiedossier van sectie 2 compleet gemaakt kan worden.

5.4 GIS in de beheerfase

Door in de tender- en ontwerpfasen (minimale) extra inspanning te leveren en het GIS, DMS en VMS op elkaar af te stemmen, kunnen alle projectmedewerkers het GIS gebruiken om projectinformatie te benaderen en de stand van zaken met betrekking tot verificaties visueel te maken. In het voorafgaande hoofdstuk is door middel van een praktijkvoorbeeld de ondersteunende kwaliteiten van dit GIS tijdens de realisatiefase gedemonstreerd. Het is echter niet alleen bedoeld om ondersteuning te bieden voor de realisatiefase, maar ook voor de fase van beheer- en onderhoud.

Bij grootschalige infrastructurele DBFM-projecten, waar dit onderzoek zich op richt, is Rijkswaterstaat in de regel de opdrachtgever. Rijkswaterstaat stelt, in overleg met stakeholders, een uitvraag op in de vorm van een eisenspecificatie. Aan de hand hiervan maakt de opdrachtnemer een ontwerp en realiseert het project. Na voltooiing van het project levert de opdrachtnemer het project op en gaat de periode van onderhoud in.

Onderdeel van de oplevering is een GIS-model. De opdrachtnemer levert een GIS-model aan die voldoet aan een aantal eisen van Rijkswaterstaat, zodat dit model in het KernGIS van Rijkswaterstaat geïntegreerd kan worden. De opdrachtnemer kan het GIS gedurende de loop van het project inrichten en verzorgen volgens deze eisen, dan kan dit de oplevering soepeler laten verlopen.

In de beheerfase zorgt de opdrachtnemer over een van te voren vastgelegde periode voor onderhoud aan het gerealiseerde werk. Om zoveel mogelijk kosten te besparen in deze fase is het dus van belang dat de opdrachtnemer kwalitatief goed werk heeft geleverd in de voorafgaande fases. Ook hierbij kan GIS een rol spelen.

Omdat in de loop van het project het GIS zorgvuldig is opgebouwd en bijgehouden, is deze in de beheer- en onderhoudsfase ook te gebruiken. Het GIS geeft een actuele weergave van het project, de status van bepaalde objecten en geeft toegang tot bijbehorende ontwerpgegevens. Met behulp van dit systeem kan het beheerproces ondersteund worden. Via het GIS is te zien wanneer een object is gerealiseerd en of deze volgens ontwerp is gemaakt, of met een afwijking. Wanneer dus onderhoud aan een object benodigd is, kan men eenvoudig object-gerelateerde informatie benaderen via GIS.

In Bijlage C is een stromendiagram te vinden die het proces die het GIS doorloopt in de verschillende projectfasen weergegeven.

In hoofdstuk 5.3 wordt een SBS-code genoemd. Dit is een fictieve code, die gebaseerd is op een voorbeeldstructuur. De SBS-code zou als volgt kunnen zijn opgebouwd:

1.02.03.05.01.02

1	Projectcode
1.02	Wegen
1.02.03	Waterhuishouding
1.02.03.05	Riolering
1.02.03.05.01	Nieuw aan te brengen
1.02.03.05.01.02	Sectie 2

5.5 Demonstratiemodel

De ondersteunende functionaliteiten van GIS worden gedemonstreerd met behulp van een fictief projectmodel. Door middel van screenshots wordt de werking van het programma geïllustreerd. De uitwerking hiervan is te vinden in bijlage D. Dit GIS is op een vergelijkbare manier opgezet als is beschreven in hoofdstuk 5.3. De functionaliteiten die in het praktijkvoorbeeld beschreven worden, worden ook ondersteund door het demonstratiemodel.

In de eerste afbeelding is te zien hoe de desbetreffende GIS-omgeving en de interface van het programma ArcGIS eruit ziet. Bovenin het scherm zijn de navigerende tools beschikbaar en links is de lagenstructuur weergegeven, waarin informatie naar gelieve (on)zichtbaar gemaakt kan worden. De lagenstructuur is gebaseerd op de structuur van de SBS-codering. In het scherm is een weergave te zien van een nieuw te realiseren kunstwerk, als onderdeel van een grootschalig wegenbouw project. Als ondergrond is een kaart gebruikt, maar hiervoor zouden ook luchtfoto's gebruikt kunnen worden.

De tweede afbeelding geeft weer hoe object-gerelateerde eigenschappen benaderd kunnen worden en hoe dit eruit ziet in ArcGIS. Door één muisklik is diverse object gerelateerde informatie toegankelijk gemaakt. In het 'Identify'-scherm wordt informatie uit de GIS-database weergegeven die bij het object hoort. Door het gebruik van de SBS-codering zijn geautomatiseerde koppelingen tot stand gebracht tussen het GIS, het DSM en het VMS.

Naast de toegang tot projectdocumenten en eisen en verificaties biedt het GIS ook de mogelijkheid om opmerkingen te plaatsen bij objecten. In het voorbeeld van afbeelding twee heeft een uitvoerder een opmerking geplaatst dat de werkzaamheden voor de 'rangeerbaan' zonder afwijkingen zijn uitgevoerd. De database is zo ingesteld dat alleen het veld 'opmerkingen' open staat voor bewerking. De andere velden kunnen niet aangepast worden, zodat bepaalde koppelingen niet in gevaar komen. Niet alleen uitvoerder, maar andere projectmedewerkers kunnen opmerkingen plaatsen in het GIS. Deze opmerkingen kunnen voor eigen ondersteuning zijn of om te delen met andere GIS-gebruikers.

In de derde afbeelding wordt de toegang vanuit het GIS tot projectinformatie gedemonstreerd. Voor dit voorbeeld is een projectmap van een lokale server via hyperlink gekoppeld aan het GIS-object. Via één druk op de knop is alle informatie gerelateerd aan dit object toegankelijk gemaakt. Deze informatie kan bijvoorbeeld tekeningen, berekeningen, correspondentie en contracten betreffen.

De vierde afbeelding illustreert de koppeling tussen ArcGIS en Relatics. De, met behulp van SBS-codering geautomatiseerde, koppeling tussen de twee databases zorgt ervoor dat ArcGIS de server van Relatics kan raadplegen om te controleren of een object al dan niet geverifieerd is. Dit wordt vervolgens verwerkt in de GIS-database, zoals in afbeelding twee is weergegeven. Om de verificaties visueel te maken is de kaartlaag 'Verificatie Status' aangemaakt. Door deze laag aan te schakelen worden objecten die geverifieerd zijn groen gemarkeerd en objecten die niet geverifieerd zijn rood gemarkeerd. Zo kunnen zowel de medewerkers die de verificaties moeten uitvoeren, als de projectmanagers die het verificatieproces aansturen, de status van het verificatieproces zichtbaar maken.

H6 Conclusie

Dit onderzoek begon met de vraag of GIS met behulp van Systems Engineering ondersteuning kan bieden op het gebied van proces- en documentmanagement voor grootschalige infrastructurele DBFM-projecten. Om hier antwoord op te kunnen geven is in de eerste fase theoretisch onderzoek gedaan op het gebied van Systems Engineering en GIS. Systems Engineering bleek onlosmakelijk verbonden te zijn met DBFM-contracten en bevat een aantal elementen dat projecten kan ondersteunen en begeleiden.

ArcGIS bleek naast de sterke visuele en laagdrempelige kant van het programma ook mogelijkheden te bevatten om documentmanagementsystemen en verificatiedatabases te koppelen. Met behulp van de SBS-codering kan deze koppeling geautomatiseerd worden. Om een GIS-omgeving op deze manier op te bouwen, kost een minimale aanvullende inspanning in de tender- en ontwerpfase van het project, maar hier kan in de realisatiefase en beheerfase van geprofiteerd worden.

Uit interviews is gebleken dat het verificatieproces in de praktijk een lastig proces is, waar veel projectmedewerkers moeite mee hebben. Ondersteuning blijkt gewenst en een visuele tool zoals GIS zou dit kunnen bieden. Als het GIS is gekoppeld aan het verificatiemanagementsysteem, Relatics, kunnen eisen en verificaties toegankelijk gemaakt worden met één muisklik, via het GIS. Naast de toegang tot Relatics via ArcGIS, kan de koppeling tussen beide databases er ook voor zorgen dat de status van verificaties in het GIS worden weergegeven.

Bij projecten van grote omvang, zoals de DBFM-projecten waar dit onderzoek zich op richt, is de hoeveelheid projectinformatie groot. Het is altijd belangrijk om deze informatie goed op te slaan en bereikbaar te maken voor de mensen die ermee moeten werken, zodat de juiste informatie gebruikt wordt. Revisiebeheer speelt hierbij ook een grote rol. Projectdocumenten worden opgeslagen in een documentmanagementsysteem zoals SharePoint. Op dezelfde manier als bij Relatics, kan een koppeling tussen ArcGIS en SharePoint gemaakt worden. Hierdoor wordt object-gerelateerde informatie eenvoudig toegankelijk gemaakt.

Het gedeelte uit de onderzoeksvraag waar procesmanagement beschreven wordt, is vervangen door verificatiemanagement. Uit de praktijk is gebleken dat dit een lastig proces is waar ondersteuning gewenst is.

Uit dit onderzoek is gebleken dat ArcGIS inderdaad de gewenste ondersteuning op het gebied van documentmanagement en verificatiebeheer kan bieden. De overzichtelijke en gebruiksvriendelijke kwaliteiten van ArcGIS kunnen een primaire werkomgeving bieden voor projectmedewerkers om projectinformatie, eisen en verificaties eenvoudig toegankelijk te maken. Daarnaast kan het verificatieproces ondersteund worden door de status van verificaties visueel te maken in de GIS omgeving.

Deze gebruiksvorm van GIS is een gemakkelijk in te voeren hulpmiddel, die weinig extra inspanning, tijd en geld kost, waarvan de positieve effecten op korte termijn te merken moeten zijn voor alle projectmedewerkers.

Literatuuropgave

- http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/systems_engineering/
- Elsevier, “Werken met geïntegreerd contract in de GWW-sector (UAV-GC)” [cursushandleiding]
- Esri Nederland, “Introductie ArcGIS” [cursushandleiding]
- http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/contracten_gww/dbfm/index.aspx#v2
- <http://www.usp-mc.nl/nieuws/installatie-energie/faalkosten-oorzaak-in-ontwerp-uitvoertijdens-uitvo/>
- Werkgroep Leidraad Systems Engineering, “Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector (V3)” [Deze wordt in de tekst *Leidraad Systems Engineering v3* genoemd]
- Werkgroep Leidraad Systems Engineering, “Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector (V2)” [Deze wordt in de tekst *Leidraad Systems Engineering v2* genoemd]
- www.incose.nl
- http://www.stabu.org/stabu_helpdesk/archief/1096/System_Engineering_en_STABU
- http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/werken_projecten/integraal_projectmanagement/
- www.edugis.nl
- www.esri.nl
- www.buienradar.nl
- www.tomtom.nl
- www.verkiezingskaart.nl
- www.ncdo.nl
- <http://www.nidi.knaw.nl/Content/NIDI/atlas/nl/nlge2006.htm>
- www.maps.google.nl
- www.edugis.nl
- Provincie Zeeland, 2012, “Geografisch Informatiesysteem - Uitvoeringsprogramma GIS 2012 – 2016”
- <http://www.mno.nl/news/229/Geografie-en-wegonderhoud:-GIS.html>
- http://www.eerstekamer.nl/wetsvoorstel/33527_wet_basisregistratie
- <http://e-overheid.nl/onderwerpen/stelselinformatiepunt/stelsel-van-basisregistraties/1493>
- www.verbreedinga15.nl
- Bedrijfshandboek A-Lanes A15
- <http://www.thinkproject.com/nl/home/autosnelweg-a15/>

Bijlage A

Theorieonderzoek

- **Systems Engineering** **Hoofdstuk 2**
- **GIS** **Hoofdstuk 3**

2 Systems Engineering

Systems Engineering is een werkwijze die sinds enkele jaren toepassing vindt in de GWW-sector. Het is een systematiek die projecten procesmatig ondersteunt. Omdat dit onderzoek gericht is op het combineren van GIS met Systems Engineering, is de eerste stap gericht op de theorie achter Systems Engineering. Het doel is om inzicht te vergaren in de systematiek, zodat daarna onderzocht kan worden waar GIS en Systems Engineering elkaar kunnen versterken.

Om Systems Engineering beter te leren kennen wordt in dit hoofdstuk een aantal deelvragen behandeld:

2.1. Begripsomschrijving

Wat is Systems Engineering?

2.2. Systems Engineering in de GWW

Wat is de positie van Systems Engineering in de GWW-sector?

2.3. Werkwijze

Hoe werkt Systems Engineering?

2.4. Projectfases

Hoe past Systems Engineering in de verschillende fases van een project?

2.5. Projectmanagement

Welke rol vervult Systems Engineering in projectmanagement?

2.6. Conclusie

Wat zijn de voor- en nadelen van Systems Engineering en hoe kan GIS hier eventueel ondersteuning in bieden?

2.1 Begripsomschrijving

De definitie van Systems Engineering(SE) wordt door INCOSE (International Council on Systems Engineering) omschreven als: “An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs.” [Bron: www.incose.nl]. Vrij vertaald betreft het een Interdisciplinaire benadering die bijdraagt aan het realiseren van succesvolle systemen. Met Systems Engineering streven we ernaar om niet alleen de technische, maar ook de bedrijfsdoelen van de klanten (belanghebbenden) na te streven, met als doel een kwaliteitsproduct te bieden dat aan de gebruikersbehoefte voldoet.

Rijkswaterstaat en ProRail beschrijven de definitie van Systems Engineering als volgt: [Bron: *Leidraad systems engineering v3*]

“Systems Engineering biedt een geïntegreerde en gestructureerde set methodieken om projecten succesvol te verwezenlijken en te beheren. De kernelementen uit de gehanteerde definitie die dit beschrijven kunnen we als volgt samenvatten:

- Het op een gestructureerde wijze specificeren van een behoefte;
- Het op een gestructureerde wijze ontwerpen van een passende oplossing bij de behoefte;
- Het op een correcte wijze realiseren van deze oplossing;
- Het op een juiste wijze beheren van de gerealiseerde oplossing;
- Het op een juiste wijze verifiëren en valideren;
- Het op een beheerste wijze managen van het gehele systeem gedurende zijn levensduur.

Bovenstaande maakt duidelijk dat Systems Engineering een methodiek is die de gehele levenscyclus van projecten ondersteunt.”

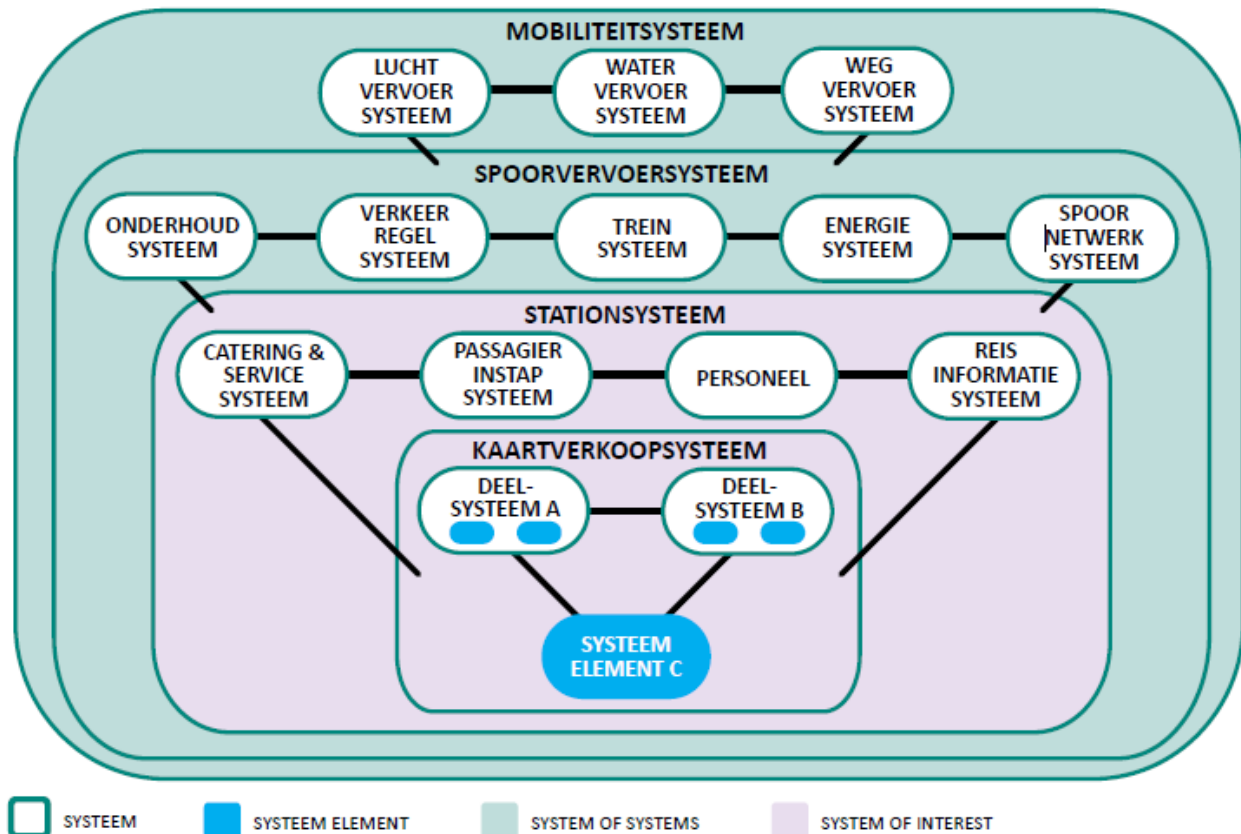
2.1.1 Systeemdenken

‘Een systeem is een, afhankelijk van het gestelde doel, binnen de totale werkelijkheid te onderscheiden verzameling elementen, die onderlinge relaties hebben’ [In ’t Veld, 1986: ‘Analyse van organisatieproblemen’].

Doordat projecten steeds complexer worden is het aanbrengen van structuur essentieel. Het doel is om binnen deze structuur een project navolgbaar en aantoonbaar te ontwikkelen, realiseren en beheren. Systeemdenken volgens Systems Engineering is een principe die hierin ondersteunt. Een systeem maakt per definitie deel uit van een groter geheel en moet gewenste doelen realiseren binnen een veranderlijke omgeving. Een systeem kan vanuit verschillende invalshoeken bekeken worden, afhankelijk van belangen. Wat voor de ene gebruiker als systeem wordt geschouwd, kan voor de ander gelden als een component van een systeem.

System of Interest en System of Systems

Een waarnemer van een systeem heeft een zogenaamd 'System of Interest'. Dit is het gedeelte van het systeem dat voor deze waarnemer interessant is omdat dit gedeelte bijvoorbeeld onder zijn verantwoordelijkheid valt. Het overkoepelende systeem wordt het 'System of Systems' genoemd. Figuur 10 geeft als voorbeeld het mobiliteit systeem. Als System of Interest is hier het statensysteem weergegeven. Het statensysteem maakt deel uit van een groter geheel dat zelfstandig kan functioneren, in dit voorbeeld het spoorvervoersysteem (het System of Systems). Op zichzelf bestaat het statensysteem weer uit verschillende deelsystemen en systeemelementen.



Figuur 10: Samenhang Systemen. Bron: Leidraad systems engineering v3

Opdrachtgevers zoals Rijkswaterstaat en ProRail bieden steeds meer integrale projecten aan. Hierbij wordt niet alleen geoptimaliseerd in het System of Interest, maar wordt naar het System of System gekeken voor optimalisatie. Vergeleken met bovenstaande figuur wordt er dus gestuurd op optimalisatie van het spoorvervoersysteem in plaats van het verbeteren van enkel het statensysteem.

2.1.2 Levenscyclus

Een ander principe dat aan de basis van Systems Engineering staat is het in beschouwing nemen van de totale levenscyclus van een systeem. Er wordt gestuurd op lage kosten en hoge kwaliteit gedurende de gehele levenscyclus. Hierbij wordt tijdens de ontwikkel- en realisatiefase rekening gehouden met de kwaliteit en kosten van een systeem tijdens de gebruiks- en onderhoudsfase.

Iteratief proces

Gedurende het vervolg van dit theoretische hoofdstuk dat Systems Engineering beschrijft, zal het iteratieve proces op verschillende momenten naar voren komen. Bij de complexiteit die veel projecten bevatten, zal een ontwerpkeuze niet vaak in één keer gemaakt zijn. Rekening houdend met risico's en raakvlakken zal er tijdens het ontwikkelende proces telkens nadere analyse en detailuitwerking uitgevoerd worden.

Interdisciplinair

Bij meer projecten dan niet in de GWW sector zijn meerdere vakdisciplines betrokken. Hierbij is bijvoorbeeld te denken aan de civiel-, verkeers- en elektrotechnische disciplines.

“Vaak worden projecten naar vakdisciplines opgedeeld. Het gevaar daarbij is dat de samenhang van het systeem onderbelicht blijft”.

Bron: Leidraad systems engineering v3

Als onderdeel van de Systems Engineering wordt een systeem in deelsystemen en systeemelementen verdeeld. Dit wordt ook wel decompositie genoemd. Het is echter belangrijk dat het totale systeem en de samenhang tussen de verschillende elementen niet uit het oog verloren wordt. Er moet daarom op bepaalde momenten een uitsnede van het totaalsysteem gemaakt worden. Deze uitsnede wordt niet op vakdiscipline gemaakt, maar uit het perspectief van een bepaald aspect, bijvoorbeeld veiligheid. Deze uitsnede wordt een aspectsysteem genoemd. Dit is een manier om het integrale functioneren van een systeem te waarborgen.

2.2 Systems Engineering in de GWW

Sinds de grote infrastructurele projecten steeds meer volgens de geïntegreerde contractvormen op de markt komen, krijgt ook Systems Engineering een steeds grotere rol in de GWW-sector. Systems Engineering wordt door opdrachtgevers zoals ProRail en Rijkswaterstaat toegepast op projecten volgens geïntegreerde contractvormen. Op deze manier moet ook de opdrachtnemer volgens het Systems Engineering principe te werk gaan. Dit leidt ertoe dat aannemers met een andere mindset te werk moeten gaan. Als de opdrachtnemer dit omarmt en deze gebruikt de Systems Engineering werkwijze effectief, kan dit projecten waardevolle ondersteuning bieden.

2.2.1 Doelen

Het implementeren van Systems Engineering binnen de GWW-sector is een gemeenschappelijk initiatief van Rijkswaterstaat, ProRail, Bouwend Nederland, NLingenieurs en de Vereniging van Waterbouwers (Werkgroep Leidraad systems engineering v3). De partijen introduceren daarmee een werkwijze voor de totstandkoming van infrastructurele projecten. Niet als eenmalige hype, maar als structurele diepgewortelde werkwijze gericht op de te bereiken doelstellingen en op nut en noodzaak. Samengevat zijn de doelen die we met Systems Engineering willen bereiken:

- **Doelmatigheid:** voorzien in de behoefte van de klant, binnen maatschappelijk verantwoorde kosten.
- **Doeltreffendheid:** efficiënt terugdringen van de faalkosten en beter benutten van de beschikbare bronnen.
- **Transparantie:** aantoonbaar en beheerst leveren wat met de klant is afgesproken.

2.2.2 Leidende principes

Voor het implementeren van Systems Engineering is een aantal uitgangspunten vastgesteld door de werkgroep Leidraad Systems Engineering. Deze uitgangspunten zijn richtinggevend bij de samenwerking binnen de GWW-sector. Ze geven aan wat de betrokken partijen van elkaar mogen verwachten bij het werken volgens Systems Engineering. [Bron: *Leidraad systems engineering v3*]

- **Klantvraag centraal.** Niet de techniek, maar de werkelijke behoefte van de klant staat centraal. Waarvoor is het systeem bedoeld? Wat moet het systeem kunnen? Met klanten bedoelen we hierbij nadrukkelijk alle stakeholders die met het systeem te maken krijgen en niet alleen de betalende klant. Alle processtappen binnen Systems Engineering moeten gericht zijn op het voorzien in de behoefte van deze klant. Rijkswaterstaat en ProRail moeten expliciet borgen dat de uitvraag aan marktpartijen in deze oorspronkelijke klantvraag voorziet. Een contract dient dan ook door de opdrachtgever te zijn geverifieerd en gevalideerd aan de klantvraag van het project.
- **Systeemdenken.** Het systeemdenken richt zich op de waarde voor de klant en achterhaalt de vraag achter de vraag. Deze denkwijze kan leiden tot andere antwoorden op klantvragen dan we gewend waren. Motto bij het systeemdenken is dat het geheel meer is dan de som der delen. Het systeemdenken benadrukt het perspectief van de totale levenscyclus, van concept tot sloop. Knippen in een systeem leiden altijd tot verliezen. Bij knippen worden relaties doorbroken en ontstaan interfaces die beheerst moeten worden. Het is dan ook van belang dat alle partijen in de sector projecten vanuit het systeemdenken benaderen.

- **Transparantie.** We ontwikkelen transparant en traceerbaar. Dat betekent dat we vastleggen welke keuzes, om welke reden zijn gemaakt. Denk daarbij bijvoorbeeld aan ontwerpvarianten. Dit betekent dat expliciet aangetoond wordt dat het systeem voldoet aan de vraag. Hier zijn diverse methodes voor. In een contractsituatie moeten opdrachtgever en opdrachtnemer overeenstemming bereiken over de te gebruiken methodes van aantonen en vastleggen. Hierbij hanteren we een risico gestuurde benadering.
- **Efficiency.** Systems Engineering is niet bedoeld om onnodig papierwerk te introduceren en de kosten te vergroten. Integendeel: Systems Engineering maakt het mogelijk specificaties, bewijsmateriaal, certificaten en standaarden slim te hergebruiken. Systems Engineering omvat een palet aan methodes en technieken die kunnen worden toegepast. Ieder project dient daarbij een verstandige keuze te maken uit het beschikbare palet.
- **Beste prijs-kwaliteitverhouding.** Met Systems Engineering koersen we op de oplossing met de beste prijs-kwaliteitverhouding, die het probleem oplost binnen de gestelde randvoorwaarden. Prijsduiken en aanbesteden op basis van alleen de laagste prijs is dan ook niet wenselijk.
- **Balans ontwerp vrijheid en contractuele afspraken.** Bij elke probleemstelling behoort een zekere oplossingsruimte. Ontwerpvrijheid is gewenst om meer van de creativiteit van de marktpartijen te kunnen profiteren. Alleen zo zijn we in staat om de prijs-prestatieverhouding van een systeem te maximaliseren. In de praktijk varieert de oplossingsruimte in contracten nog aanzienlijk. De ontwerp vrijheid van een opdrachtnemer moet in balans zijn met de contractuele afspraken. Opdrachtgever en opdrachtnemer moeten een eenduidig beeld hebben van de beschikbare oplossingsruimte. De opdrachtgever is ervoor verantwoordelijk dat de gegeven oplossingsruimte past binnen de klantvraag. De opdrachtnemer moet ervoor zorgen dat zijn aanbieding past binnen de oplossingsruimte.
- **Verificatie & validatie.** Deze termen kennen vele definities, maar internationaal is er geen eenduidig standpunt. De meest gangbare interpretatie is dat verificatie de vraag beantwoordt of we het goed hebben gedaan. Validatie beantwoordt de vraag of het goede gedaan is. Wij willen in deze Leidraad geen discussie voeren over de precieze definitie van verificatie & validatie. Wel willen we gebruikmaken van de mogelijkheden die deze beide methodes bieden bij het aantonen of het systeem voldoet. In de Leidraad benaderen we verificatie & validatie dan ook als één geheel.
- **Afstemming met projectmanagement.** Systems Engineering en projectmanagementmethodieken als Prince2, Projectmatig Werken en IPM vullen elkaar goed aan. Projectmanagementmethodieken concentreren zich met name op de besturing van een project, terwijl Systems Engineering focust op het ontwikkelen en realiseren van de inhoud van een systeem. Ook zijn er overlappen, zoals configuratiemanagement en risicomanagement. De inrichting van deze processen vereist een zorgvuldige afstemming tussen projectmanagement en Systems Engineering.

- **Openheid.** Vanwege het iteratieve karakter is Systems Engineering gebaat bij open communicatie. Opdrachtgever en opdrachtnemer moeten dit voor ogen houden bij besluiten, achtergrondinformatie, systeemkeuzes en risico's. De partijen dienen alle informatie te delen die noodzakelijk is voor een goede interpretatie van de probleemstelling en onderbouwing van de oplossing.

2.2.3 Cultuurverandering

Met partijen als Rijkswaterstaat en ProRail als kartrekkers, is de implementatie van Systems Engineering in de GWW-sector een verandertraject waar zowel opdrachtgevers als opdrachtnemers in mee moeten gaan. Het vraagt om een cultuurverandering, om te werk te gaan met een andere mindset. Opdrachtgevers moeten in een vroeg stadium goed nadenken wat ze willen en vooral ook eenduidig specificeren. Opdrachtnemers moeten met behulp van het verificatie- en validatieproces het eigen werk keuren.

In de toekomst zal Systems Engineering een steeds grotere rol vervullen bij infrastructurele projecten. De afgelopen jaren is er veel mee geëxperimenteerd en is er gezocht naar effectieve toepassingsmogelijkheden. Tegenwoordig hebben de meeste bedrijven in de GWW-sector kennis en ervaring op het gebied van Systems Engineering. De bedrijven die zich het SE-principe nog niet eigen hebben gemaakt, zullen daar ook niet onderuit komen, blijkt uit de visie die Rijkswaterstaat, ProRail en enkele aannemers en ingenieursbureaus heeft opgesteld. Aan de hand van het CMMI-model (Capability Maturity Model Integration) beschrijven deze partijen wat hun doel is voor de toekomst. Dit model, opgesteld door het Carnegie Mellon Software Engineering Institute, beschrijft vijf niveaus van implementatie van veranderprocessen. In Figuur 2 is een beknopte weergave van het CMMI-model weergegeven.

NIVEAU	FOCUS	PROCESGEBIEDEN
5	Continue procesverbetering	Proces wijzigingsmanagement Voorkomen van defects Technologisch wijzigingsmanagement
4	Kwantitatief management	Kwantitatief projectmanagement Systeem kwaliteitsmanagement Performance van de organisatieprocessen
3	Processtandaardisatie	Verificatie & Validatie Risicomanagement Eisenontwikkeling en ontwerpafwegingen
2	Basisprojectmanagement	(Sub)contractmanagement Configuratiemanagement Eisenmanagement
1	Initieel	

Figuur 11: CMMI-model. Bron: Leidraad systems engineering v3

Volgens de ambitie van de bovengenoemde partijen, zal de implementatie van Systems Engineering in de gehele GWW-sector binnen enkele jaren niveau 3 moeten bereiken.

2.3 Werkwijze

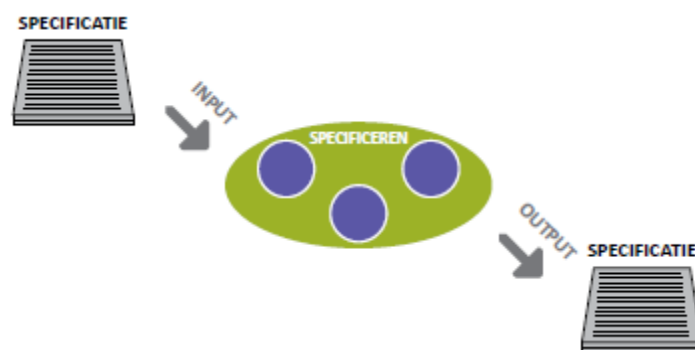
Een project in de GWW komt tot stand naar aanleiding van problemen of kansen die de opdrachtgever heeft geconstateerd. De opdrachtgever gaat dan bekijken wat binnen zijn System of Interest de behoeften zijn. Vaak zijn binnen dit systeem meerdere stakeholders betrokken. Deze stakeholders hebben ieder hun eigen behoeften en randvoorwaarden. De behoeften van alle stakeholders binnen het projectgebied worden onderzocht en vastgelegd door middel van een stakeholderanalyse. Naar aanleiding van deze analyse wordt er een eisenspecificatie opgesteld.

Levenscyclus

Een basisprincipe van de Systems Engineering werkwijze is het optimaliseren van een systeem over de gehele levensduur. Dit betekent niet alleen dat er een duurzaam systeem ontwikkeld wordt, maar ook dat de Systems Engineering-werkwijze gedurende alle fases van de levenscyclus van een systeem toegepast wordt.

Iteratief specificeren

Een ander basisprincipe van Systems Engineering in het iteratieve proces. Ontwerpkeuzes voor bepaalde systemen kunnen de oplossingsruimte voor andere systemen beïnvloeden. Systems Engineering gaat uit van iteratie tussen functies, eisen en oplossingen. Figuur 3 illustreert het iteratieve specificatieproces.



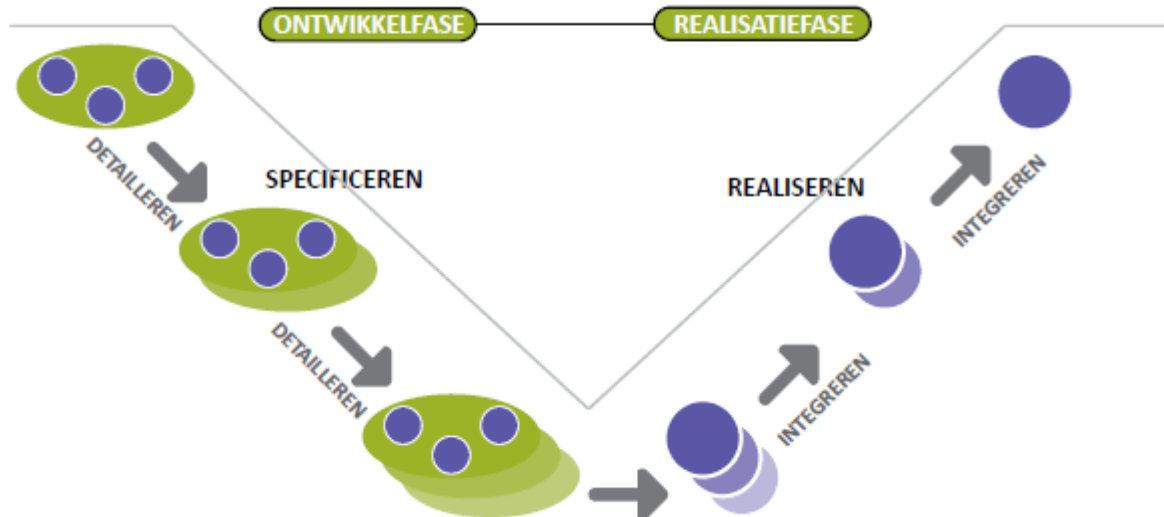
Figuur 12: Iteratief specificatieproces. Bron: Leidraad systems engineering v3

Top-Down

Dit iteratieve specificatieproces vindt plaats volgens het zogenaamde 'top-down' principe. Dit wil zeggen dat de eisen van groot naar klein worden gespecificeerd. Er wordt begonnen met een overkoepelende eis zoals "de doorstroming van de rijksweg moet verbeterd worden". Vervolgens worden voor verdere detaillering van het ontwerp, aan de hand van raakvlakken en risico's, steeds meer (sub)eisen opgesteld. Uit deze eisen volgt uiteindelijk een uitvoeringsgereed ontwerp.

Bottom-up

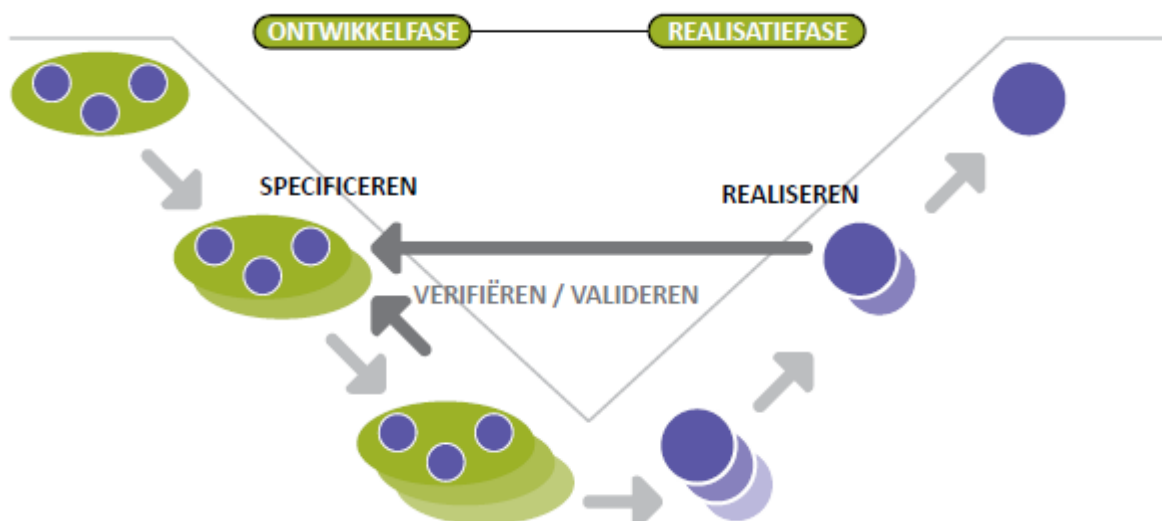
De realisatie gaat in de tegenovergestelde richting, namelijk 'Bottom-up'. Waar in de ontwikkelfase het systeem geleidelijk gedecomposeerd wordt, worden de deelsystemen in de realisatiefase geïntegreerd tot het totale systeem. Het top-down in combinatie met het bottom-up principe is te combineren tot het V-model. Deze is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13: Top-down vs Bottom-up: V-model. Bron: Leidraad systems engineering v3

Verificatie en Validatie

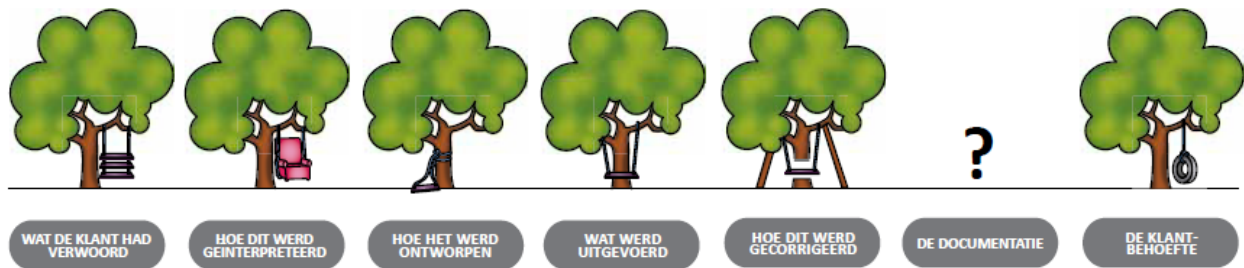
Tijdens zowel het ontwikkel- als realisatieproces vindt er op meerdere momenten verificatie en validatie (V&V) plaats. Dit houdt in dat een object wordt gekeurd aan de eisen uit de eisenspecificatie. In een vroeg stadium van de ontwikkelfase worden technische oplossingen getoetst aan de eisen die voor een bepaald detailniveau zijn opgesteld. Dit proces herhaalt zich gedurende de loop van de ontwikkelfase. Daarnaast moet in deze fase ook bepaald worden hoe het V&V proces in de realisatiefase wordt uitgevoerd. Vaak wordt er een V&V plan opgesteld. In de realisatiefase worden gerealiseerde objecten gekeurd aan de hand van de object gerelateerde eisen. Ook dit proces wordt herhaald gedurende de loop van de realisatiefase.



Figuur 14: V-model met verifiëren en valideren. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

In Figuur 4 is, in het eerder geïllustreerde V-model, het verificatie- en validatieproces verwerkt. In deze afbeelding is duidelijk te zien dat V&V zowel in de ontwikkelfase als in de realisatiefase een rol vervult.

Uiteindelijk is het doel dat het gerealiseerde werk aansluit bij de behoefte van de opdrachtgever. Daarom is het essentieel dat de eisenspecificatie met zorg en nauwkeurigheid is opgesteld en tijdens het ontwerpen en realiseren met regelmaat producten worden getoetst aan de product gerelateerde eisen. Figuur 5 geeft het klassieke voorbeeld van de schommel weer, die veel voorkomende problematiek bij projecten illustreert.

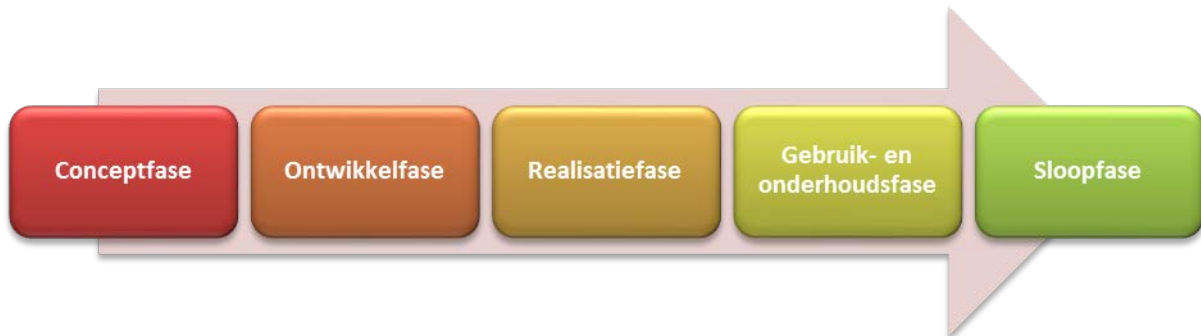


Figuur 15: Schommel. Bron: Leidraad systems engineering v3

Een belangrijk punt voor het verifiëren en valideren is de documentatie hiervan. Als objecten zijn gekeurd moeten deze resultaten worden vastgelegd. Dit gebeurt vaak door het invullen van een V&V plan. Dit V&V plan is onderdeel van het opleverdossier. Daarnaast kan het in het geval van een DBFM contract wenselijk zijn voor de opdrachtnemer zelf om de historie en status van een object vast te leggen met het oog op de onderhoudsfase.

2.4 Projectfases

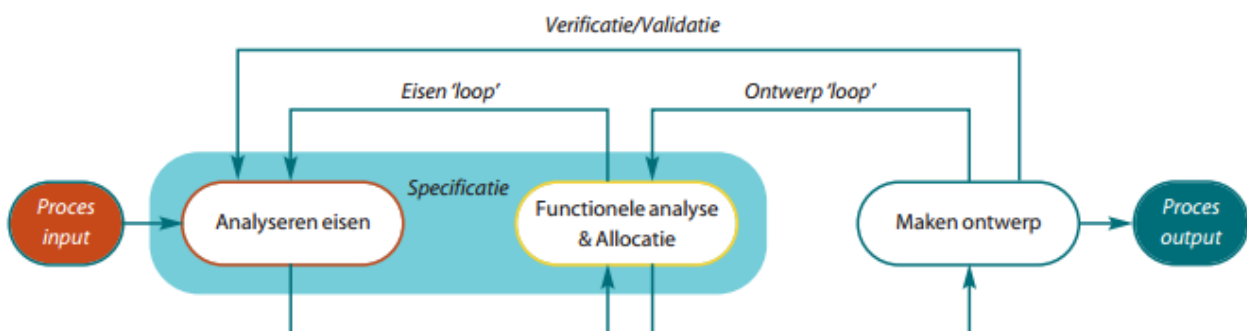
In dit hoofdstuk wordt weergegeven wat de rol van Systems Engineering is in de verschillende fases van een project. Over het algemeen zijn GWW-projecten op te delen in de volgende fases:



- **Conceptfase:** Ook wel initiatiefase. Problemen en kansen van het projectgebied worden geïnventariseerd en mogelijke oplossingen worden beschouwd. In deze fase worden de eerste eisen en oplossingsruimte vastgelegd.
- **Ontwikkelfase:** Ook wel ontwerpfase. In deze fase wordt de eisenspecificatie opgesteld en het systeem ontworpen.
- **Realisatiefase:** In deze fase worden deelsystemen gerealiseerd en uiteindelijk geïntegreerd tot één geheel.
- **Gebruik- en onderhoudsfase:** Het systeem wordt gebruikt en waar nodig wordt onderhoud gepleegd. De functionaliteit van het systeem wordt beheerd.
- **Sloopfase:** In deze fase wordt het systeem gesloopt.

2.4.1 Ontwikkelfase

De ontwikkelfase bestaat uit het specificatie- en ontwerpproces. Tijdens het specificatieproces worden functies en eisen geanalyseerd en gestructureerd en de oplossing volgens de top-down benadering gespecificeerd. Aan de hand van de (oplossings)specificatie wordt vervolgens een ontwerp gemaakt. Tijdens het gehele traject vindt continue verificatie en validatie plaats. Het totale proces is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 16: Specificatie- en ontwerpproces. Bron: Leidraad systems engineering v2

Het specificatieproces vindt plaats totdat er een uitvoeringsgereed ontwerp op tafel ligt. Om de overzichtelijkheid te behouden wordt het ontwerp vaak in verschillende ontwerpfases opgedeeld:

- Schetsontwerp (SO)
- Voorlopig ontwerp (VO)
- Definitief ontwerp (DO)
- Uitvoeringsontwerp (UO)

Bij deze ontwerpfases hoort een bepaald detailniveau. Een SO is een zeer grof ontwerp waarbij een UO gedetailleerd genoeg moet zijn om de risico's van de realisatiefase zoveel mogelijk in te dammen. Tijdens het doorlopen van deze ontwerpfases, biedt het resultaat van de ene fase de oplossingsruimte voor de opvolgende fase.

Specificatieproces

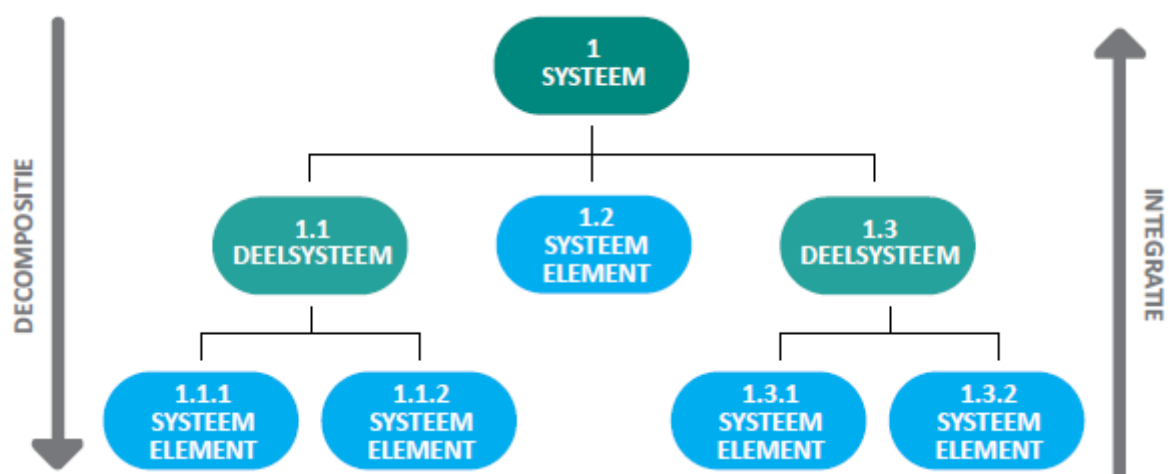
Kernactiviteiten van het specificatieproces zijn analyseren, structureren en alloceren.

Analyseren

Onderdeel van het specificatieproces is het analyseren van eisen, functies en keuzes. Het doel is om de vraag achter de vraag te kunnen doorgronden. Het analyseren van het systeem en systeemeisen leidt tot het opstellen van nadere systeemeisen. Tijdens de analyse worden waar nodig gedetailleerdere eisen opgesteld voor de opvolgende ontwerpfase.

Structureren

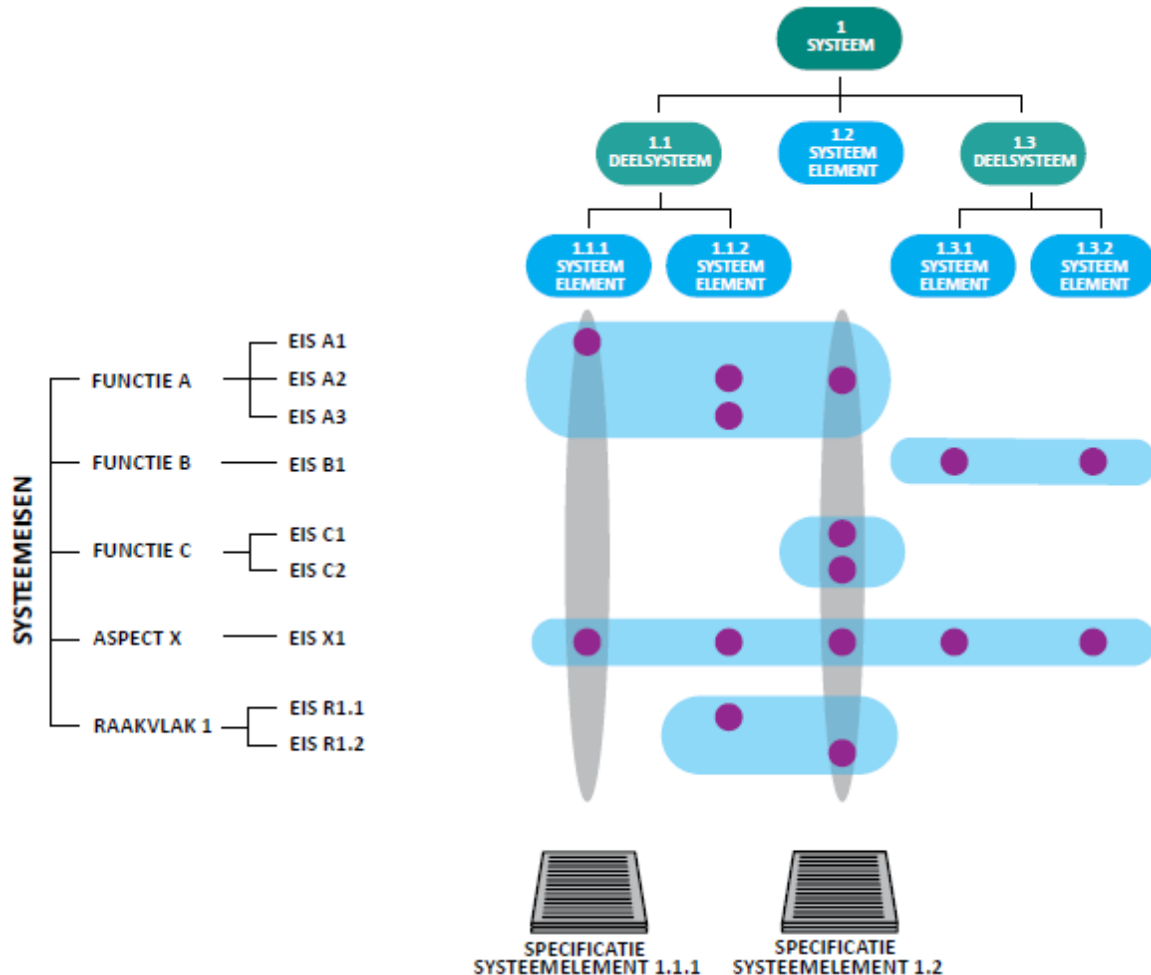
Bij complexe projecten zijn vaak meerdere partijen en disciplines betrokken. Een systeem wordt daarom vaak gedecomponeerd in deelsystemen. Door deze vorm van structuur aan te brengen blijft het project overzichtelijk en beheersbaar. Het structureren van een systeem gebeurt vaak aan de hand van een System Breakdown Structuur (SBS), ook wel objectenboom genoemd. In deze structuur worden objecten op een hiërarchische wijze ingedeeld. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 17.



Figuur 17: Systems Breakdown Structure. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

Alloceren

Door de eisenanalyse te koppelen aan de SBS structuur kan de oplossingsruimte per object weergegeven worden. Figuur 18 geeft weer hoe door allocatie een specificatie per deelsysteem verkregen kan worden.



Figuur 18: Allocatie. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

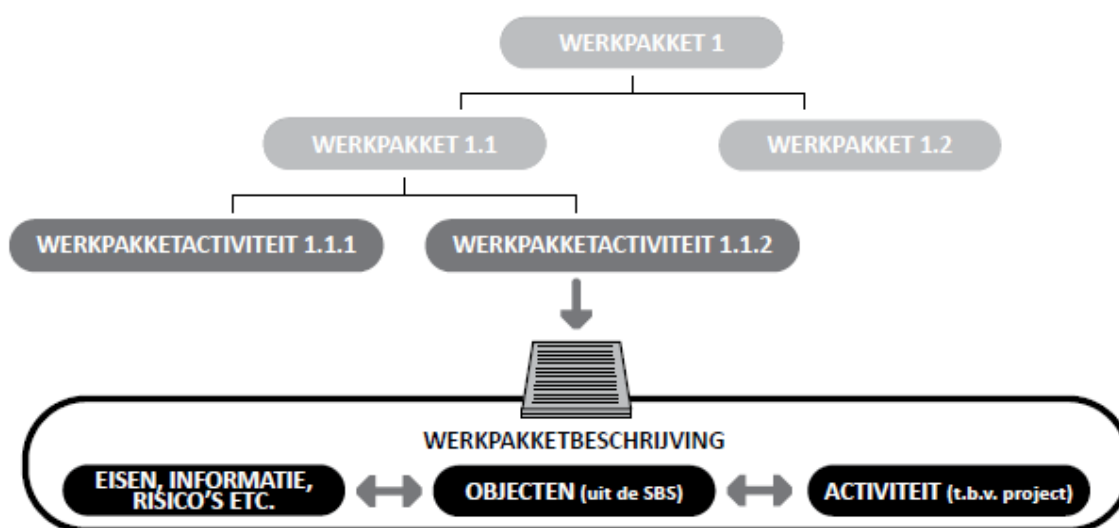
Ontwerpproces

Het verdere ontwerp geschiedt over het algemeen door middel van een variantenstudie. Op basis van de eisen en randvoorwaarden worden beoordelingscriteria en weegfactoren opgesteld. Wanneer er meerdere varianten zijn opgesteld, worden deze in bijvoorbeeld een trade-off matrix verwerkt. De variant die hierin het beste scoort, wordt vervolgens verder uitgewerkt. Deze nadere uitwerking resulteert uiteindelijk in een set van tekeningen, specificaties en onderbouwingen.

2.4.2 Realisatiefase

Nadat de ontwikkelfase volgt de realisatiefase. Hierin wordt het gespecificeerde systeem gerealiseerd. Waar het specificatieproces top-down verliep, vindt de realisatie van het systeem bottom-up plaats. Hierbij worden de deelsystemen gerealiseerd en geïntegreerd tot het totale systeem.

Om projectactiviteiten inzichtelijk te maken wordt vaak een Work Breakdown Structure (WBS, ook wel activiteitenboom) opgezet. In deze hiërarchische boomstructuur worden de activiteiten onderverdeeld in werkpakketten op basis van de fase en het deelsysteem. De WBS draagt bij aan het inzichtelijk maken van planning, kostenbewaking en taakverdeling. Dit kan door aan een werkpakket tijd, geld en een verantwoordelijke te koppelen. Net als bij de SBS, kan ook aan de WBS ook eisen gekoppeld worden. In Figuur 19 is een voorbeeld van een WBS structuur weergegeven.



Figuur 19: Work Breakdown Structure. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

Verificatie en validatie

Tijdens de ontwikkelfase worden oplossingen gekeurd aan de eisen door middel van verificatie en validatie. Dit vindt ook plaats in de realisatiefase. In de ontwikkelfase is een V&V-plan opgezet om tijdens de realisatiefase te gebruiken. In de realisatiefase worden (deel)systemen gekeurd aan de hand van dit V&V-plan. Het is belangrijk om tijdig te starten met het V&V-proces. Des te eerder afwijkingen geconstateerd worden, des te meer (financieel) nadelige gevolgen voorkomen kunnen worden.

Het V&V-plan is onlosmakelijk verbonden aan de eisenspecificatie. Vaak is dit plan op de structuur van de eisenspecificatie gebaseerd. Uiteindelijk is het de bedoeling dat het ingevulde V&V-plan (dossier) aantoont dat het gerealiseerde werk overeenkomt met de wensen van de opdrachtgever. Dit V&V-dossier maakt dan ook deel uit van het opleverdossier.

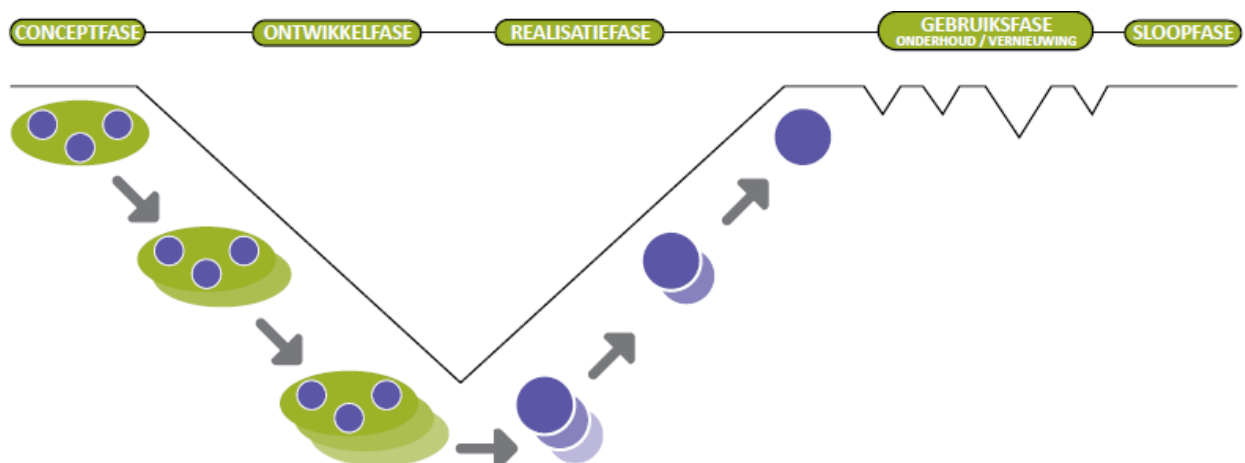
2.4.3 Gebruiks- en onderhoudsfase

Over de gehele levenscyclus van een systeem gezien, waarin alle fases, van initiatief tot sloop, worden doorlopen kan Systems Engineering een rol spelen. In principe vindt het specificatie- en realisatieproces meerdere keren plaats gedurende de levenscyclus. Voornamelijk vindt het specificatie- en realisatieproces plaats in de ontwikkel- en realisatiefase, zoals in de voorgaande paragrafen is beschreven.

Gedurende de gebruiks- en onderhoudsfase zal dit zich in kleinere mate herhalen. Na verloop van tijd zal in de gebruiksfase onderhoud aan het systeem benodigd zijn, zodat het systeem zijn functionaliteit op basis van het oorspronkelijke eisenpakket kan behouden. Op dit moment zal een (deel)systeem weer geanalyseerd worden en aan de hand van de bijbehorende eisen wordt opnieuw een ontwerp gemaakt en het daadwerkelijke onderhoud wordt gepleegd.

Naast onderhoud als gevolg van of ter voorkoming van een defect in het systeem, kan gedurende de levensduur van een systeem ook behoefte aan vernieuwing of verbetering ontstaan. Op dit moment moet het (deel)systeem aangepast worden aan de hand van een gewijzigd eisenpakket. Het komt bijvoorbeeld regelmatig voor dat verkeersintensiteit op een bepaald traject dusdanig toeneemt dat de capaciteit van een bepaalde verbinding mee moet groeien.

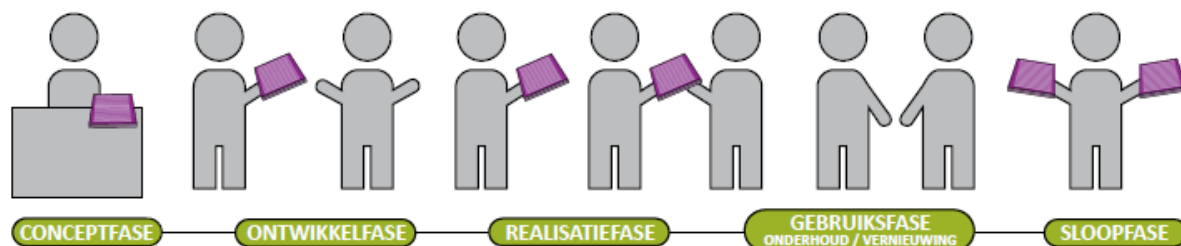
In Figuur 7 is weergegeven hoe het specificatie- en realisatieproces zich verdeelt over de levenscyclus van een systeem.



Figuur 20: V-model in levenscyclus. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

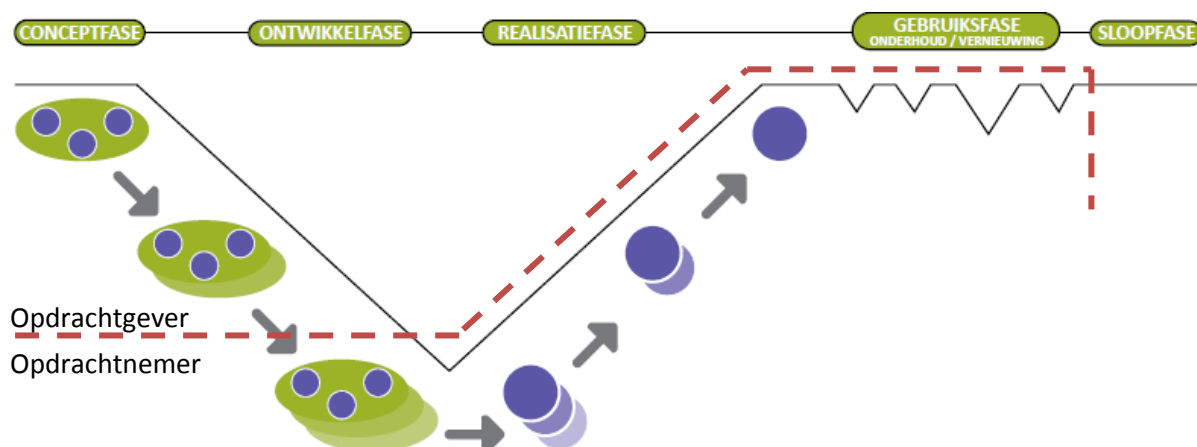
2.4.4 Overdrachtsmomenten

Gedurende projecten vindt informatie-uitwisseling plaats en waar informatie-uitwisseling plaats vindt, moet gewaakt worden voor informatieverlies. Het is zaak dat informatie op een transparante manier overgedragen wordt, gepaard met open communicatie, om het 'over de schutting-effect' te voorkomen. Overdrachtsmomenten vinden veelal plaats waar de fases in elkaar overgaan. Met name deze momenten zijn gevoelig voor informatieverlies. Of de overdracht nu tussen opdrachtgever en opdrachtnemer of tussen afdelingen binnen de opdrachtnemer is, informatieverlies moet voorkomen worden.



Figuur 21: Informatieoverdracht in levenscyclus. Bron: Leidraad systems engineering v3

In de conceptfase van het project wordt door de opdrachtgever nagedacht over de overdrachtsmomenten. Er wordt een keuze gemaakt voor een bepaalde contractvorm en afhankelijk daarvan worden bepaalde overdrachtsmomenten vastgesteld. In Figuur 22 is de scheiding tussen verantwoordelijkheden weergegeven voor DBFM-contracten in de levenscyclus van het systeem. Hierbij is opdrachtgever verantwoordelijk voor het maken van een vraagspecificatie, waarna de opdrachtnemer de aanbodspecificatie opstelt. Na goedkeuring wordt aan de hand van deze aanbodspecificatie te werk gegaan. Na een bepaalde duur van onderhoud in de gebruiksfase, waar de opdrachtnemer ook verantwoordelijk voor is, wordt het werk weer overgedragen aan de opdrachtgever.



Figuur 22: Verantwoordelijkheid DBFM-contract opdrachtgever en opdrachtnemer in V-model

Omdat tijdens alle fases met Systems Engineering wordt gewerkt, zowel door opdrachtgever als door opdrachtnemer, worden overdrachtsmomenten gemakkelijker gemaakt. Gedurende het project wordt dezelfde 'taal' gehanteerd en het iteratieve proces voorkomt misverstanden.

Een uitgebreide, integrale weergave van het V-model is terug te vinden in Bijlage A-1.

Scriptie Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GWW

Definitieve versie. Datum: 6 januari 2014

2.5 Projectmanagement

In dit hoofdstuk wordt toegelicht welke rol Systems Engineering in projectmanagement vervult.

2.5.1 Procesbeheersing

De ISO 15288 is de internationale norm voor Systems Engineering. Als onderdeel van projectondersteuning worden in deze norm worden technische- en projectprocessen gescheiden. Onder deze processen vallen bijvoorbeeld:

- Projectplanning
- Projectbeoordeling
- Projectbeheersing
- Besluitvorming
- Risicobeheersing
- Configuratiemanagement
- Informatiebeheer

Deze processen dragen bij aan het opzetten en beheren van projectplannen, het beoordelen van de behaalde resultaten en voortgang en het bewaken van de uitvoering van het project, gedurende de gehele levenscyclus. De werkwijze volgens Systems Engineering brengt structuur aan in het doorlopen van deze processen. Daarnaast wordt via Systems Engineering ook de samenhang van deze processen beheerst.

2.5.2 Integraal Project Management

Systems Engineering stuurt op een interdisciplinaire aanpak van een project. De verschillende disciplines en projectleden moeten allemaal uit hetzelfde systematische, integrale en levenscyclusgeoriënteerde perspectief werken. Omdat projectorganisaties vaak opgedeeld worden in vakdisciplines, is het essentieel om de integraliteit van een project te bewaken. Systems Engineering ondersteunt dit, bijvoorbeeld in combinatie met de IPM-methode.

Het Integraal Project Management (IPM) model is opgesteld door Rijkswaterstaat. Dit model wordt gehanteerd voor de aansturing van een projectorganisatie. Binnen het IPM-model wordt een aantal projectonderdelen opgesplitst:

- **Projectmanagement:** Het beheersen van kwaliteit, geld en tijd
- **Omgevingsmanagement:** Het beheersen van de relatie met de omgeving en stakeholders
- **Technisch Management:** Het beheersen van het technisch proces
- **Contractmanagement:** Het beheersen van de contracten van de marktpartijen
- **Projectbeheersing**

Projectbeheersing

In het Integraal Project Management model zoals hierboven omschreven, valt onder projectbeheersing een aantal elementen:

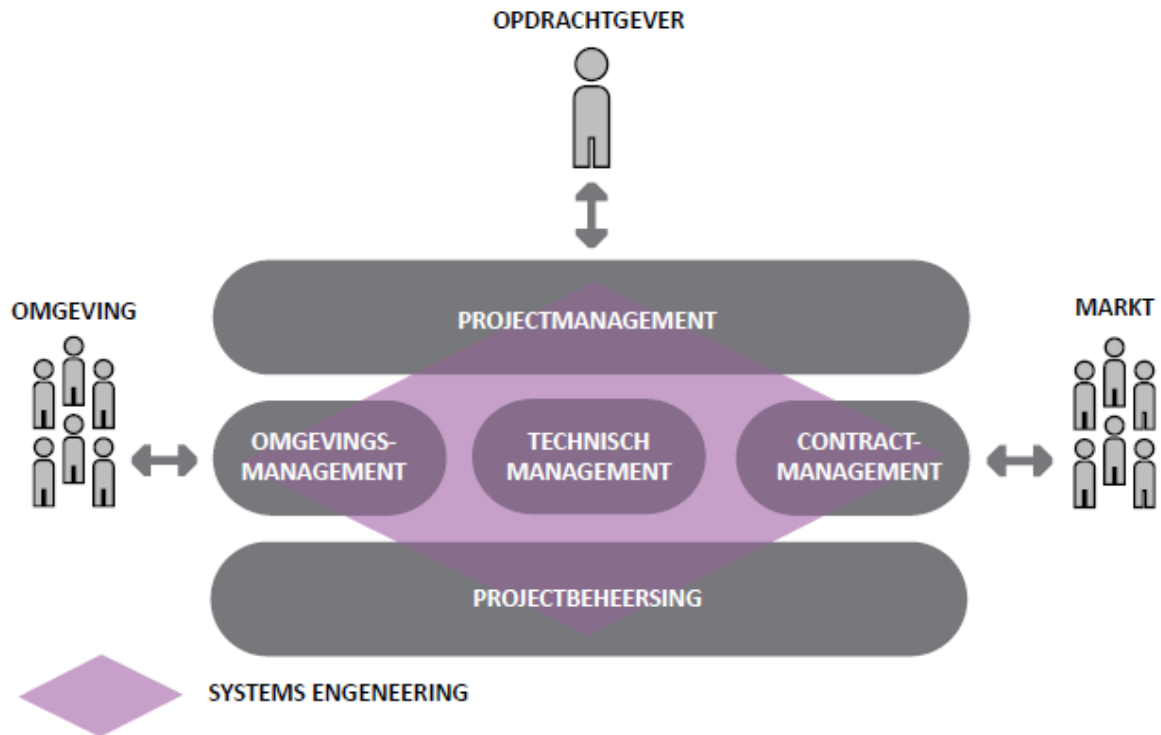
- **Financieel management:** Het bewaken van de inkomsten en uitgaven
- **Planning management:** Het bewaken van de voortgang van het project
- **Risicomanagement:** De identificatie en beheersing van risico's
- **Configuratiemanagement:** De beheersing van de scope van het project, revisiebeheer.

Scriptie Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GWW

Definitieve versie. Datum: 6 januari 2014

In Figuur 23 is in visuele vorm de rol van Systems Engineering binnen het Integraal Project Management model weergegeven.



Figuur 23: Relatie Systems Engineering en IPM. Bron: Leidraad Systems Engineering v3

2.6 Conclusie

Het doel van dit hoofdstuk was inzicht verkrijgen in de systematiek van Systems Engineering, zodat in de volgende fase onderzocht kan worden hoe GIS en Systems Engineering elkaar kunnen versterken.

Met toonaangevende partijen als Rijkswaterstaat en ProRail als bepalende factor voor de implementering van Systems Engineering in de gehele GWW-sector, is het een werkwijze waar iedereen binnen de sector mee te maken zal krijgen. Het is een werkwijze die voortkomt uit de recente ontwikkeling van projecten die steeds complexer worden. Omdat de verwachting is dat deze trend door zal zetten in de toekomst, moeten de marktpartijen Systems Engineering omarmen en in hun voordeel gebruiken.

De structuur die Systems Engineering aanbrengt in de processen is essentieel voor grote infrastructurele DBFM projecten. Het vraagt echter ook om een bepaalde mindset van de medewerkers van het projectteam. Het is nou eenmaal niet zo dat iedere (nieuwe) medewerker bekend is met het Systems Engineering principe en daarom kan een ondersteunende tool wenselijk zijn.

De drie belangrijkste elementen van Systems Engineering zijn:

- **Splitsen van specificatie en ontwerpen.** Wat hierbij een belangrijke rol speelt is het decomponeren van het systeem. Er worden structuren aangebracht, zoals de eisen-, objecten- en activiteitenboom. Deze structuren zijn essentieel voor de complexe projecten, maar het decomponeren leidt tot het moeten bewaken van de samenhang en integraliteit van het geheel.
- **Verifiëren en Valideren (V&V).** Bij de geïntegreerde contracten, zoals DBFM, krijgt de opdrachtnemer een eisenpakket aangeleverd. Aan de hand van dit eisenpakket moet de opdrachtnemer een oplossing ontwerpen, realiseren en ook zelf verifiëren en valideren (keuren en controleren). Op deze manier is de opdrachtnemer opzichter op eigen werk. Dit leidt er toe dat een effectief V&V-plan opgesteld en ingevuld moet worden.
- **Levenscyclusoptimalisatie.** Een principe dat centraal staat bij Systems Engineering is levenscyclusoptimalisatie. Het gehele proces is gericht op een duurzame ontwikkeling van een systeem. Dit heeft een raakvlak met de contractvorm DBFM (Design, Build, Finance & Maintain) die we steeds vaker op de markt zien verschijnen. Bij deze contractvorm zal de opdrachtnemer ook een systeem willen realiseren die zo weinig mogelijk werk en kosten in de onderhoudsperiode zal opleveren.

De drie bovengenoemde principes zijn bedacht ter ondersteuning van complexe projecten. Waar echter voor gewaakt moet worden is dat het hulpmiddel niet even complex als het project wordt. Systems Engineering kan een project makkelijker maken voor alle projectmedewerkers, maar dan moeten deze medewerkers eerst bekend raken met de werkwijze. Door de structuur van Systems Engineering te koppelen aan de overzichtelijke werkomgeving van een Geografisch Informatie Systeem (GIS), wordt dit geheel wellicht inzichtelijk. Uit verder onderzoek moet blijken of deze koppeling de integraliteit van een project, het V&V-proces en documentmanagement tijdens een DBFM project kan ondersteunen.

3 GIS

Dit afstudeeronderzoek is gericht op projectondersteuning op het gebied van proces- en informatiemanagement en wat voor rol GIS in combinatie met Systems Engineering daar in kan spelen. Nu de theorie achter Systems Engineering is onderzocht, is de tweede stap van dit onderzoek om de mogelijkheden van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) te onderzoeken. Nadat de theorie achter Systems Engineering en de mogelijkheden van een GIS zijn onderzocht, wordt op zoek gegaan naar een effectieve combinatie van de twee.

Om de mogelijkheden van een GIS te onderzoeken wordt in dit hoofdstuk een aantal deelvragen behandeld:

3.1. Algemeen

Wat is een GIS?

3.2. Toepassing

Waar wordt GIS voor gebruikt?

3.3. GIS in de GWW

Hoe wordt GIS in de wegenbouw gebruikt?

3.4. Recente ontwikkelingen

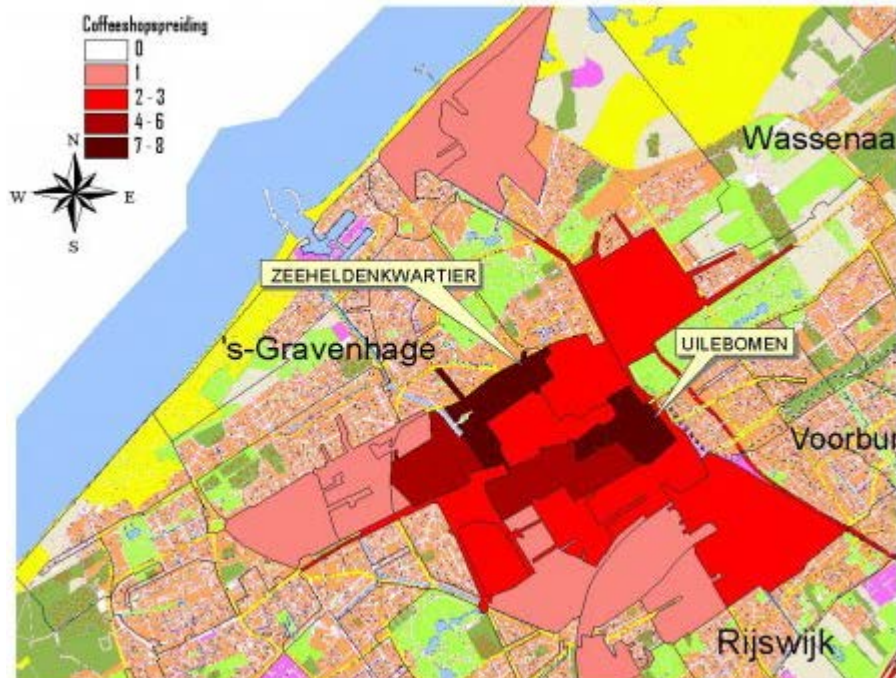
Wat zijn de huidige ontwikkelingen op het gebied van GIS?

3.5. Conclusie

Welke mogelijkheden biedt (Arc)GIS om in combinatie met Systems Engineering grootschalige infrastructurele projecten te ondersteunen?

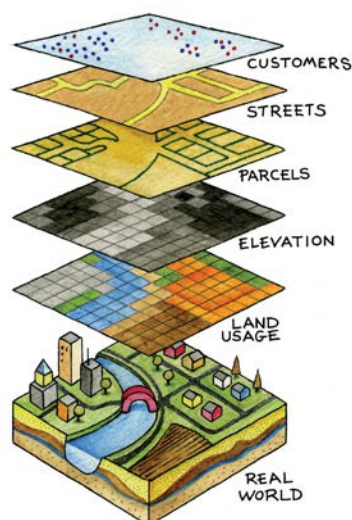
3.1 Algemeen

GIS staat voor Geografisch Informatie Systeem. Een GIS is een digitale atlas bestaande uit kaartlagen en een database. Aan de kaartlagen kan informatie gekoppeld worden en weergegeven worden in kaartvorm. Zie als voorbeeld Figuur 8.



Figuur 24: Voorbeeld van een GIS afbeelding. Bron: edugis.nl

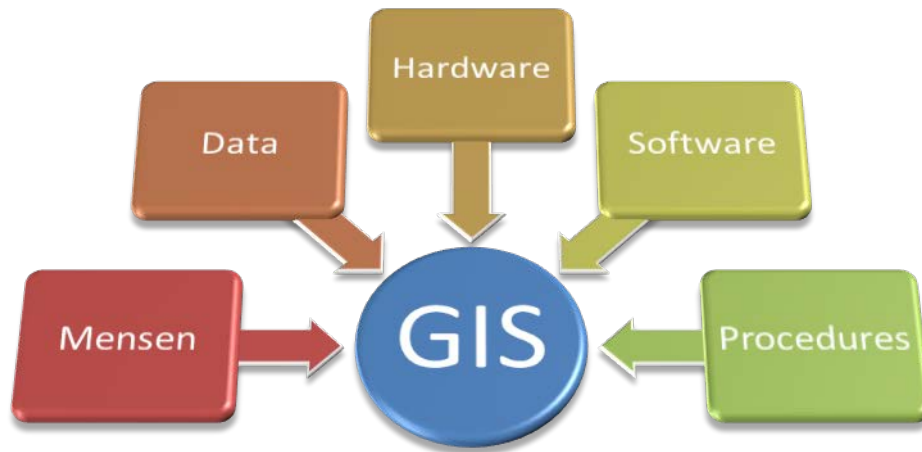
In een GIS wordt geo-informatie opgeslagen, dit is informatie waarin de locatie (x en y coördinaten) bekend is. Deze informatie kan door een GIS-programma uitgelezen worden om weer te geven in kaartvorm. De informatie kan bestaan uit punten, lijnen of vlakken en wordt opgeslagen in lagen. De volgorde van de lagen is hierbij van belang, als een kaartlaag met punten onder een kaartlaag met vlakken gestructureerd wordt, kan informatie uit de puntenlaag onzichtbaar worden. Een voorbeeld van de lagenstructuur is weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Lagenmodel GIS (2011, Campbell & Shin)

3.1.1 Componenten

Een GIS bestaat per definitie uit een aantal componenten. De componenten die noodzakelijk zijn voor het uitvoeren van GIS-functionaliteiten zijn in onderstaande figuur weergegeven:



- **Mensen:** Het meest essentiële component van een GIS. Mensen ontwikkelen procedures en definiëren taken die bij een GIS horen. Daarnaast worden tekortkomingen in andere componenten door mensen gecorrigeerd.
- **Data:** De invoer van het systeem. De beschikbaarheid en nauwkeurigheid van data is van invloed op de resultaten van een analyse of zoekopdracht.
- **Hardware:** De mogelijkheden van de hardware hebben invloed op de snelheid, het gebruiksgemak en de mogelijke outputs die beschikbaar zijn.
- **Software:** Hieronder valt niet alleen de GIS-software, maar ook verschillende database-, teken-, statistische en andere software.
- **Procedures:** Analyse vereist goed opgezette en consistente methoden om correcte en reproduceerbare resultaten te kunnen behalen.

3.1.2 Functionaliteiten

Een GIS bestaat uit hardware en software waarin men geografische data kan opslaan, bevragen, analyseren, combineren en weergeven. Het is een systeem waar een database aan verbonden is, welke verschillende soorten informatie kan bevatten en dit koppelt aan een locatie. Deze informatie kan weergegeven worden in kaart-, tabel- of grafiekvorm.

Voor dit onderzoek wordt het programma ArcGIS gebruikt. Dit is in Nederland het meest gangbare GIS-programma die toegepast wordt. Om de functies van een GIS weer te geven wordt met behulp van ArcGIS een aantal schermafbeeldingen gepresenteerd.

Een geografisch informatie systeem heeft een aantal verschillende functies:



Data inlezen

Een GIS bezit methoden om geografische (coördinaten) en tabel (attribuut) data te kunnen inlezen. Hierbij is het mogelijk om datatypes van verschillende bronnen te integreren. Deze bronnen kunnen bijvoorbeeld papieren kaarten, digitale data, GPS-gegevens of coördinaten zijn. De ingelezen informatie wordt in een kaartlaag gezet.

Data opslaan

Wanneer informatie is verzameld en verschillende datatypes zijn gecombineerd in één GIS, kan dit opgeslagen worden als GIS-document, bestaande uit verschillende kaartlagen met bijbehorende attribuuttabellen.

Data bevragen

Om iets te zoeken in een GIS kan gebruik gemaakt worden van selectie op basis van geografische locatie of op basis van specifieke features uit de attribuuttabel.

Data analyseren

GIS biedt de mogelijkheid om data te analyseren op basis van ruimtelijke relaties tussen meerdere datasets.

Data weergeven

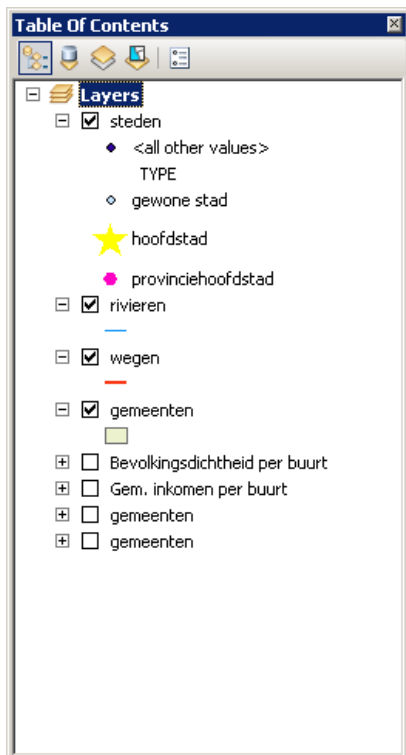
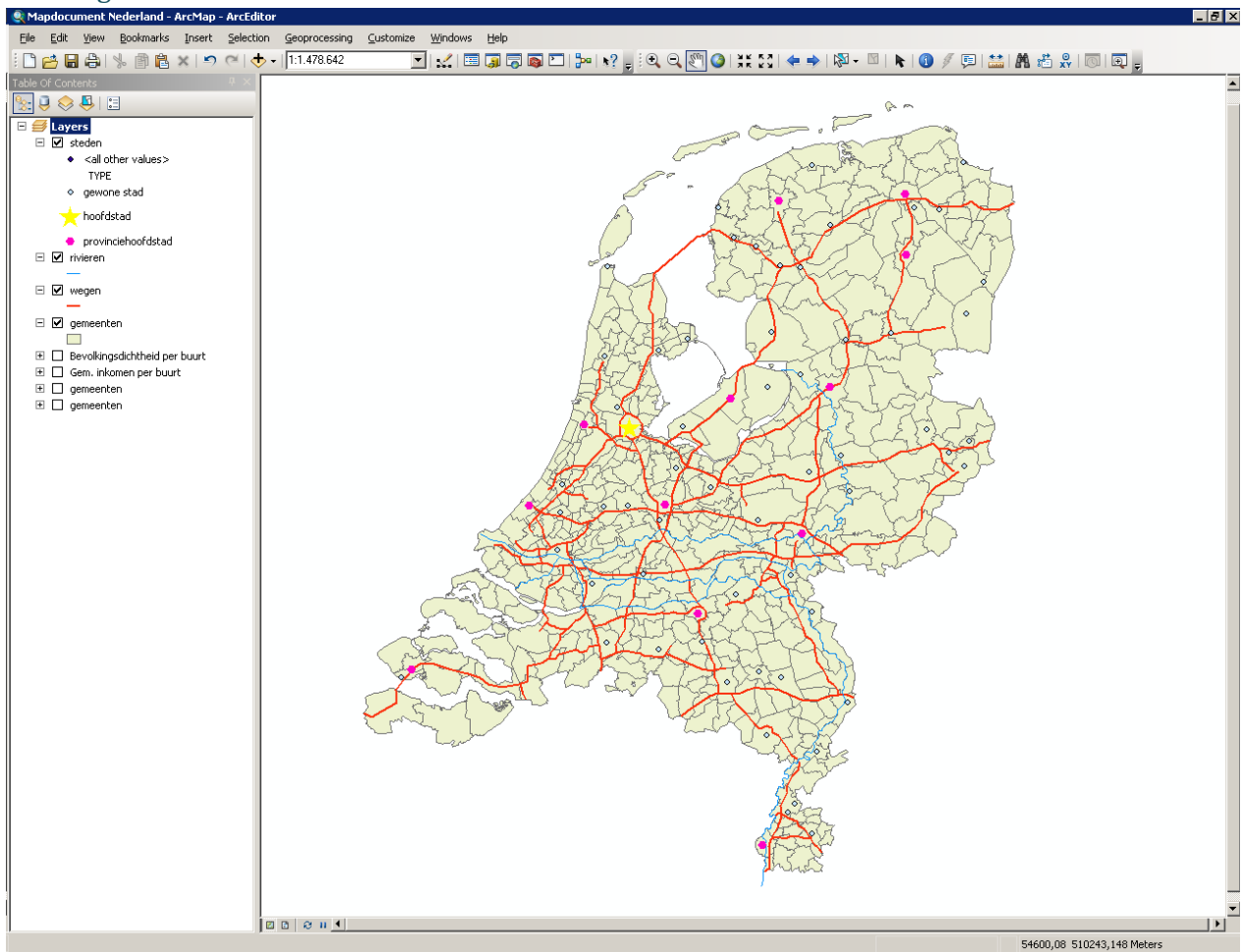
In een GIS kunnen geografische features weergegeven worden aan de hand van verschillende symbolen.

Output

De output van een analyse kan in verschillende formaten uitgevoerd worden zoals kaarten, rapporten en grafieken.

Op de volgende pagina's wordt een aantal functies toegelicht door middel van schermafbeeldingen met bijbehorende tekst en uitleg.

Kaartlagen

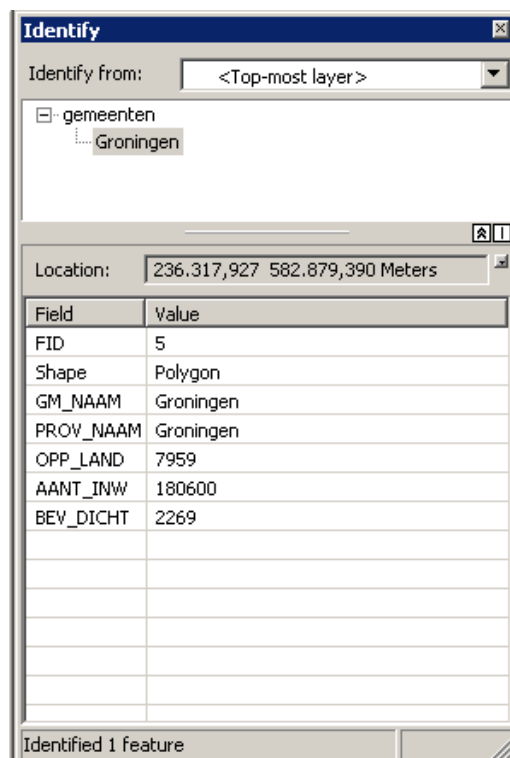
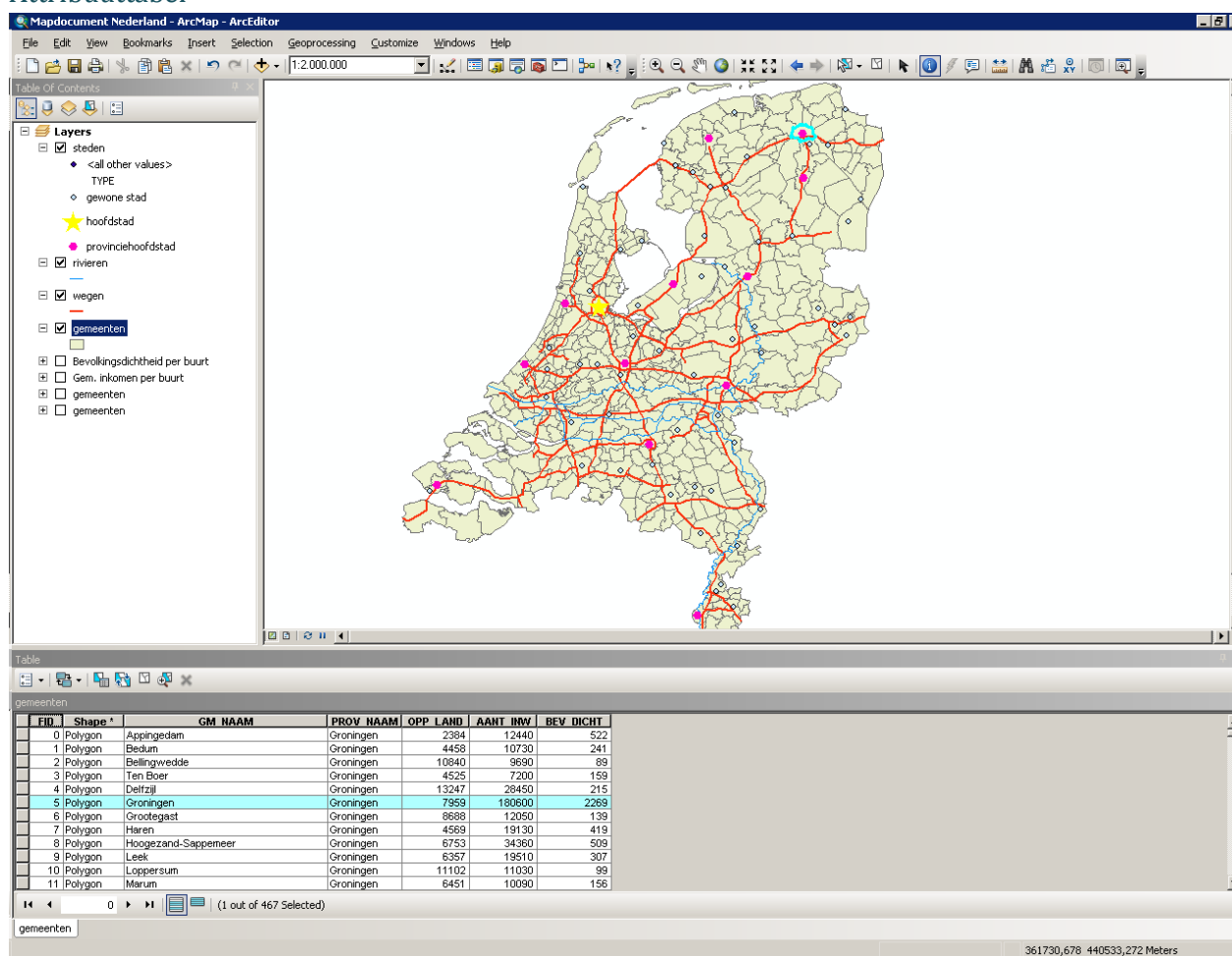


In de 'Table of Contents' zijn de kaartlagen die deel uit maken van het mapdocument weergegeven. Hier kunnen lagen toegevoegd, verwijderd en aan- en uitgeschakeld worden.

Door het verslepen van de kaartlagen kan de volgorde aangepast worden. De volgorde heeft invloed op de zichtbaarheid van de lagen. Als in dit voorbeeld de laag 'gemeenten' boven de laag 'wegen' gezet zou worden, zouden de wegen niet meer zichtbaar zijn in de kaartweergave. Vooral wanneer het aantal beschikbare kaartlagen in een mapdocument toeneemt, moet er zorgvuldige aandacht besteed worden aan de volgorde van de lagen.

Vanuit het 'Table Of Contents' scherm kan tevens de symbologie aangepast worden. In dit voorbeeld is in de kaartlaag 'steden' ingesteld dat, afhankelijk van het type stad, verschillende symbolen weergegeven worden.

Attribuuttabel



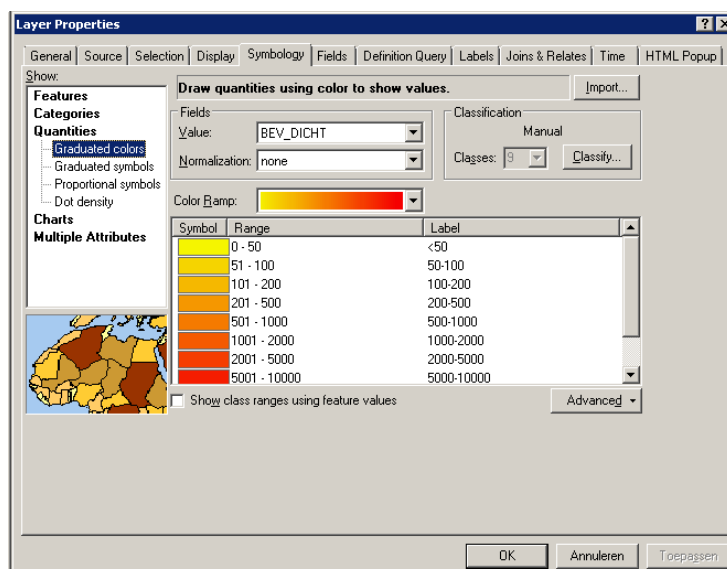
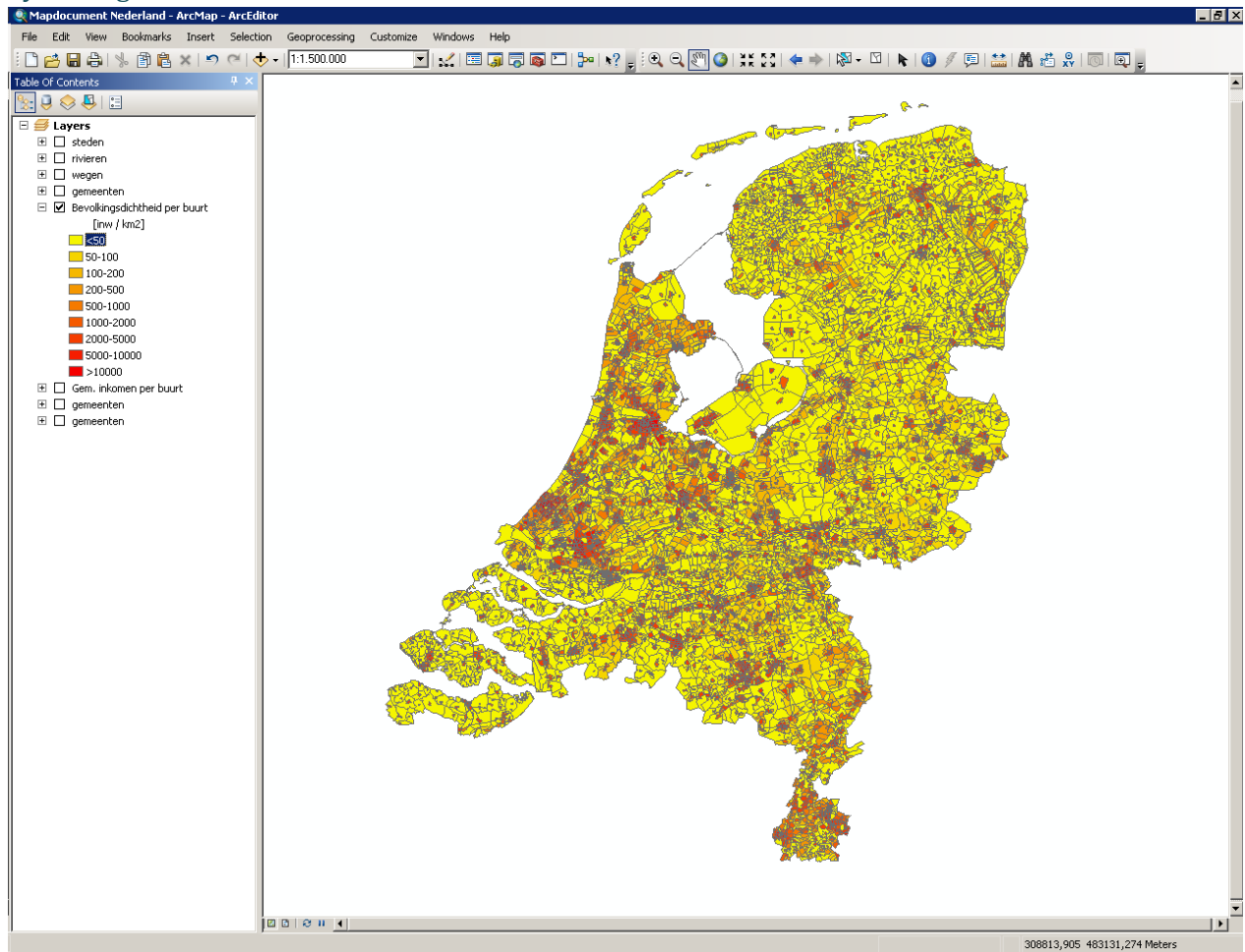
In hetzelfde voorbeeld is nu de attribuuttabel weergegeven van de laag 'gemeenten'. Dit is de database van de kaartlaag, welke informatie bevat die aan de ruimtelijke objecten is gebonden.

In het voorbeeld is de gemeente Groningen geselecteerd. Deze selectie kan gemaakt worden via de attribuuttabel, via het kaartvenster of via een zoekopdracht, waarbij geselecteerd kan worden op locatie en attributen.



De linker afbeelding geeft het resultaat weer van selectie met de 'identify'-knop. Hiermee kan in het kaartvenster een object geselecteerd worden, waarna in een nieuw venster de eigenschappen van het object worden weergegeven. Deze eigenschappen zijn gebaseerd op de attribuuttabel.

Symbologie



Met het programma ArcGIS kan op basis van de inhoud van de attribuuttabel een categorieën- of hoeveelhedenkaart gemaakt worden. In het voorbeeld dat hierboven is weergegeven is een categorieënkaart gemaakt van de bevolkingsdichtheid per buurten in Nederland.

In de linker weergave is te zien hoe een dergelijke kaart te maken is. Hierin kan o.a. het aantal klassen worden ingesteld, een logische verdeling in het bereik van de 'kleuren' gemaakt worden en de labelweergave aangepast worden.

Tabel koppelen Excel

The screenshot shows the ArcMap interface with the 'Join Data' dialog box open. The dialog box is titled 'Join Data' and contains the following options:

- Join lets you append additional data to this layer's attribute table so you can, for example, symbolize the layer's features using this data.
- What do you want to join to this layer?
 - Join attributes from a table
- 1. Choose the field in this layer that the join will be based on:
 - steden
- 2. Choose the table to join to this layer, or load the table from disk:
 - steden
 - ☒ Show the attribute tables of layers in this list
- 3. Choose the field in the table to base the join on:
 -
- Join Options
 - ☒ Keep all records
 - All records in the target table are shown in the resulting table. Unmatched records will contain null values for all fields being appended into the target table from the join table.
 - ☐ Keep only matching records
 - If a record in the target table doesn't have a match in the join table, that record is removed from the resulting target table.

Below the dialog box, the 'Table' window shows the 'Inkomen per gemeente' table with the following data:

Naam van de gemeente	het inkomen per persoon
Aa en Hunze	10300
Aalburg	9400
Aalsmeer	11700
Aalten	9200
Aarle-Riötel	10200
Abcoude	13200
Achtkarspelen	8700
Akersloot	10200
Alblasserdam	9800
Albrandswaard	11900
Alkemade	10600
Alkmaar	10200

File Home Insert Page Layout Formulas Data		
Clipboard Font		
110		
	A	B
1	Naam van de gemeente	het inkomen per persoon
2	Aa en Hunze	10300
3	Aalburg	9400
4	Aalsmeer	11700
5	Aalten	9200
6	Aarle-Riötel	10200
7	Abcoude	13200
8	Achtkarspelen	8700
9	Akersloot	10200
10	Alblasserdam	9800
11	Albrandswaard	11900
12	Alkemade	10600
13	Alkmaar	10200

Nadat in Excel een tabel op een bepaalde manier wordt opgezet, zoals hier links weergegeven, kan deze geopend worden in ArcGIS. In de bovenstaande weergave is het resultaat onder in het scherm weergegeven. Nadat de tabel in ArcGIS is geopend, kan deze gekoppeld worden aan een kaartlaag. In dit geval worden er inkomensgegevens gekoppeld aan de laag 'gemeenten'. Doordat zowel de attributtabel van de kaartlaag 'gemeenten', als de inkomenstabel de label 'naam van de gemeente' bevatten is deze koppeling eenvoudig te maken.

Doordat deze koppeling met Excel te maken is, wordt het opzetten van een database voor de GIS omgeving toegankelijk en eenvoudig gemaakt.

3.2 Toepassing

Op alle gebieden waar men bepaalde gegevens aan geografische locaties wil koppelen, kan een GIS opgezet worden. Naast de GWW-sector, waar dit onderzoek op gericht is, zijn er verschillende andere gebieden waar GIS toegepast wordt. Hierbij is bijvoorbeeld te denken aan de planologie, gemeentelijke registraties, maar ook Google Maps of TomTom. Enkele voorbeelden van GIS'en:

Google Maps

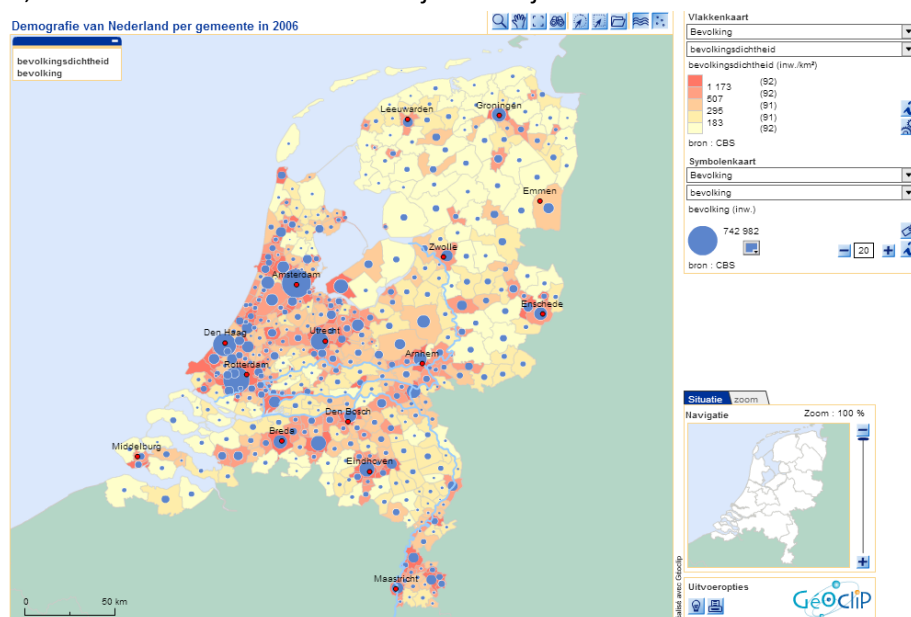
Het bekendste voorbeeld van dagelijks gebruik van een Geografisch Informatie Systeem is Google Maps. Hierin kan op verschillende schaalniveaus kaart- of satellietbeelden van de hele wereld bekeken worden.



Figuur 26: Kaartweergave Google Maps. Bron: Google Maps

Gemeenten

Veel gemeentelijke informatie is openbaar toegankelijk via internet. In tabelvorm of interactieve kaartweergave, veel verschillende statistieken zijn te bekijken.



Figuur 27: Demografie Nederland 2006. Bron: NIDI

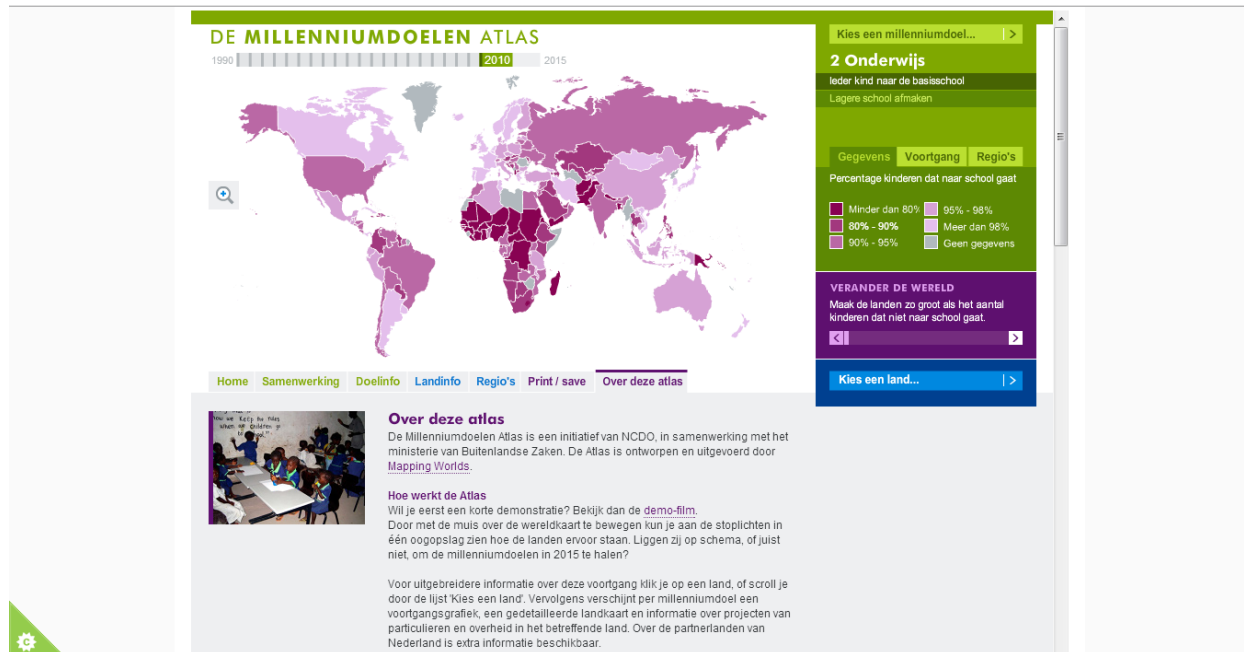
Scriptie Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GWW

Definitieve versie. Datum: 6 januari 2014

Millenniumdoelen atlas

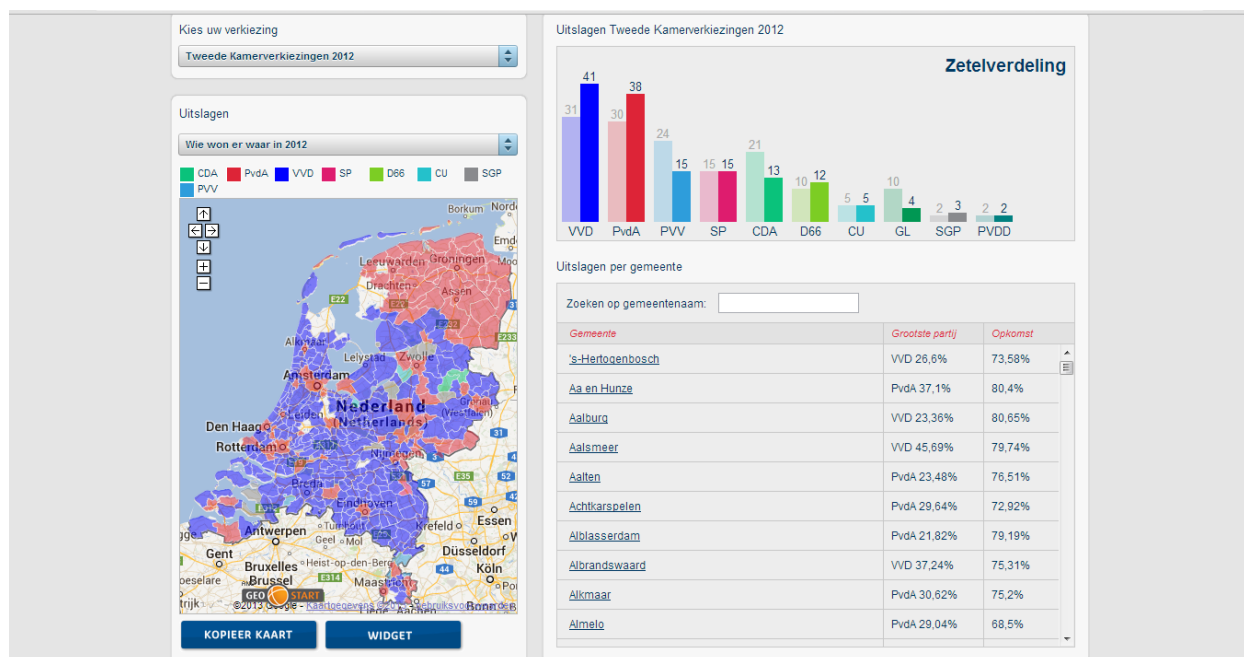
De millenniumdoelen atlas is een interactieve weergave van de situatie betreffende de acht millenniumdoelen over de hele wereld. Deze acht thema's bevatten bijvoorbeeld onderwijs, drinkwater en kindersterfte.



Figuur 28: Millenniumdoelen Atlas. Bron: ncdo.nl

Verkiezingskaart

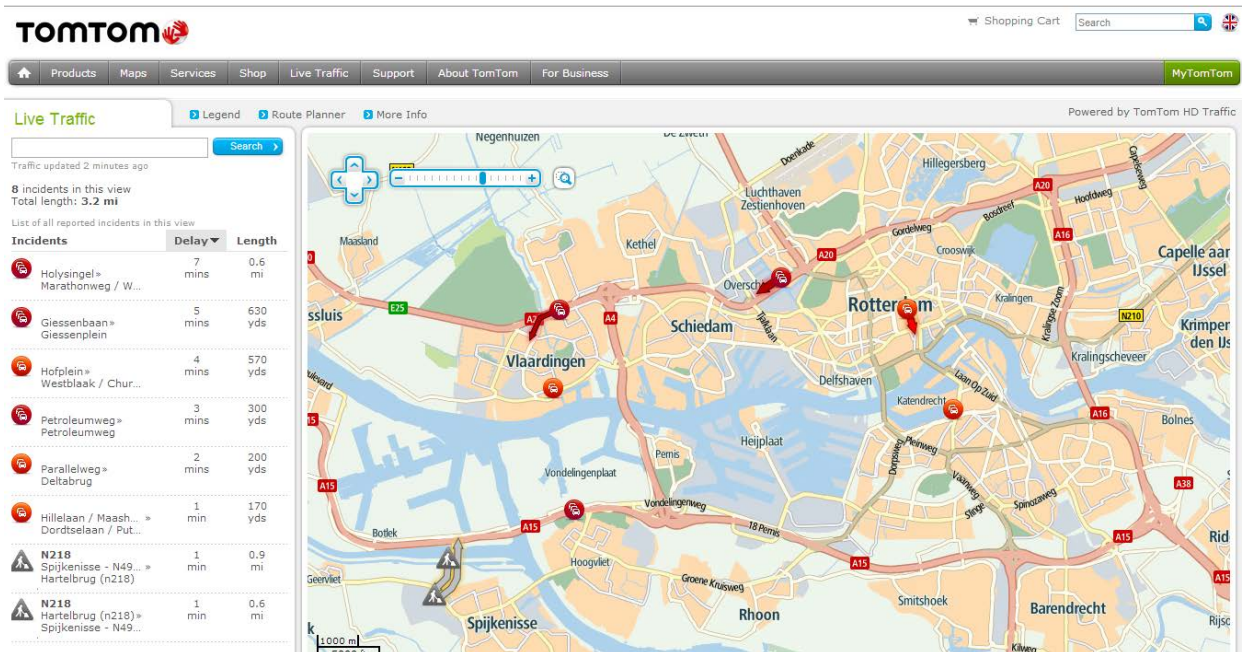
Op verkiezingskaart.nl kunnen de verkiezingsuitslagen van afgelopen jaren bekeken worden. Het aantal zetels en de winnende partij per gemeente met percentages worden op interactieve manier weergegeven.



Figuur 29: Verkiezingskaart 2012. Bron: verkiezingskaart.nl

Verkeersinformatie

Onder andere TomTom heeft op het internet een interactieve kaart beschikbaar die verkeersinformatie biedt. Hier zijn werkzaamheden en vertragingen in tijd en kilometers weergegeven voor heel Nederland.



Figuur 30: Verkeersinformatie TomTom. Bron: tomtom.nl

Weersinformatie

Een voorbeeld van een interactieve weerkaart is buienradar. Via buienradar.nl kan men de actuele en verwachte neerslag bekijken voor heel Nederland. Ook kan er eenvoudig op woonplaats gezocht worden om hier op in te zoomen.



Figuur 31: Neerslagverwachting Buienradar. Bron: buienradar.nl

Scriptie Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GW

Definitieve versie. Datum: 6 januari 2014

3.3 GIS in de GWW

GIS wordt sinds een aantal jaren in de GWW-sector gebruikt en waar de GIS-programma's steeds meer mogelijkheden bieden, wordt ook GIS steeds meer en toegepast in de GWW. Zowel aan de kant van opdrachtgevers als opdrachtnemers vindt GIS een steeds belangrijkere toepassing in de processen.

3.3.1 Opdrachtgever

Een onderdeel van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) is de digitale verplichting. Het is voor overheden verplicht om bestemmingsplannen, structuurvisies en verordeningen digitaal vast te leggen. Via een GIS-viewer kan iedereen bestemmingsplannen raadplegen via www.ruimtelijkeplannen.nl.

Provincie Zeeland

Bij de provincie Zeeland zijn plankaarten toegankelijk via een eigen GIS-viewer, Geoloket (bron: www.zeeland.nl). Hierin kunnen gemeentelijke bestemmingsplannen gecombineerd worden met ondergronden van het kadaster of luchtfoto's en andere kaartlagen. Zo kunnen bijvoorbeeld natuurgebied vergeleken worden met het Natuurbeheerplan en voor gebieden gekeken worden of cultuurhistorische of archeologische monumenten planologisch beschermd zijn. Zo heeft door de Wet ruimtelijke ordening GIS een belangrijke rol in bepaalde processen van de provincie gekregen.

De afdeling Economie en Mobiliteit (E&M) van de provincie Zeeland werkt met het Wegen Informatie Systeem (WIS). Hierin wordt informatie over het Zeeuwse wegennet bijgehouden, zoals wegopbouw, -breedte, belijning, ongevallen en verkeersintensiteit. Deze informatie is gekoppeld aan een GIS-omgeving, om op die manier een compleet beeld van wegen en verkeersstromen in de provincie te creëren.

Het is wettelijk verplicht om voor vaarwegen een legger te hebben. Voor de vaarwegen die onder de provincie Zeeland vallen, heeft de afdeling E&M een digitale vaarweglegger opgezet in GIS. In dit systeem zijn beheersonderwerpen opgenomen zoals taludbekleding, bebording en dijkinrichting. Naast beheersaspecten bevat de database van de digitale legger contractinformatie over bijvoorbeeld ankerverboden, pachtcontracten en visrechten.

Hans Quist, senior medewerker ICT (E&M/BVE) Provincie Zeeland:

"Door een steeds intensievere samenwerking tussen ICT-clusters, wordt de kracht van GIS ook voor interne applicaties steeds duidelijker: De koppeling tussen onze Oracle applicaties en de GIS-omgeving levert het broodnodige 'plaatje bij het praatje'. Raadpleeg WIS en je weet écht waar die ene lichtmast staat. In PEB (Provinciaal Eigendom Beheer) zie je waar en hoe het perceel ligt waar je als ambtenaar de notariële overdracht van moet voorbereiden. En met IPA (Integrale Project Administratie) weet je meteen waar dat ene project in Zeeland speelt. Data en kaart: overzichtelijk bij elkaar, maar beheerd waar het hoort: juist daar waar de expertises liggen. Dat is de kracht van onze organisatie!"

Rijkswaterstaat

Ook Rijkswaterstaat gebruikt geografische gegevens voor het uitvoeren van taken. Een deel hiervan (o.a. het Nationaal Wegenbestand wegen, Nationaal Wegenbestand vaarwegen en het Digitaal Topografisch Bestand) is openbaar toegankelijk via pdokviewer.pdok.nl.

Scriptie Teun Alberts

GIS als ondersteunende tool voor DBFM projecten in de GWW

Definitieve versie. Datum: 6 januari 2014

3.3.2 Opdrachtnemer

Veel uitvoerende partijen hebben tegenwoordig specialisten op het gebied van geo-informatica in huis. Technisch tekenwerk gebeurt vaak in Autocad, waar een GIS ondersteuning biedt op een meer informatieve manier. In het GIS worden geen ontwerptekeningen gemaakt, maar hier komen wel de lijnen uit de ontwerptekening in te staan. Deze lijnen worden in de laagstructuur van het GIS verwerkt en kunnen vervolgens bekeken worden door bijvoorbeeld werkvoorbereiders en vergunning managers.

Ontwerpfase

In de ontwerpfase kan een GIS gebruikt worden om raakvlakken te lokaliseren en oplossingen voor het te realiseren probleem te vinden. Daarnaast kan de GIS-omgeving constant gebruikt worden voor het creëren van praatplaatjes, waarbij op een overzichtelijke manier informatie gedeeld kan worden die voor iedereen te begrijpen is.

Realisatiefase

Een GIS kan in de realisatiefase gebruikt worden door zowel de 'binnen' als de 'buiten' mensen. Als bijvoorbeeld inmetingen en luchtfoto's in een GIS verwerkt worden, geeft dit de mensen op kantoor die toegang hebben tot het GIS een beeld van de actuele situatie buiten. Ook in deze fase is een GIS uitermate geschikt om tijdens vergaderingen te gebruiken als praatplaatje. Een GIS biedt ook de mogelijkheid om processen te begeleiden zoals omgevingsmanagement, verificatiemanagement en planning.

Beheerfase

Opdrachtnemers (veelal aannemers) gebruiken een GIS om het beheer van het wegennet te begeleiden. Voor de beheergeschiedenis van een weg wordt het GIS geraadpleegd, zoals welk bedrijf heeft wat gedaan en wanneer. Wanneer er vervolgens weer onderhoud is gepleegd aan de weg, wordt relevante informatie verzameld en gekoppeld aan de GIS-database. Dit geheel wordt op een bepaald moment overgedragen aan Rijkswaterstaat.

De input van de informatie komt meestal van de maatvoerders. Zij meten bijvoorbeeld een wegdeel in, bestaande lichtmasten en geleiderail en gerealiseerde riolering en kabeltracés. Deze ingemeten punten en lijnen worden verwerkt in Autocad en door een GIS-specialist in het GIS verwerkt.

3.4 Recente ontwikkelingen

Waar de ontwikkelingen op het gebied van ICT steeds verder gaan, groeien ook de mogelijkheden voor geografische informatie systemen. Hieronder zijn enkele recente ontwikkelingen omschreven die een rol spelen bij het vervolg van dit onderzoek.

Google Earth

Een van de meest gebruikte vormen van geo-informatica is Google Maps/Google Earth. Google Maps is via internet toegankelijk en zal door veel mensen als eerste bron geraadpleegd worden als men een adres zoekt of routebeschrijving benodigd is. In Google Earth is dezelfde kaartlagen structuur te zien als bij ArcGIS, waarmee bijvoorbeeld fotomateriaal en 3D gebouwen te bekijken zijn.

Met behulp van een aantal tekentools kan in Google Earth zelfs handmatig een kaartlaag aangemaakt en opgeslagen worden, vergelijkbaar met de ArcGIS methode. Omgekeerd kan Google Earth ook kaartlagen openen die met Autocad of ArcGIS zijn gecreëerd.

GPS

Een ontwikkeling die sinds een aantal jaren steeds bredere toepassing vindt is het Global Positioning System. Tegenwoordig is GPS terug te vinden in bijvoorbeeld auto's, telefoons en kranen. Kranen, shovels en graders die GPS ondersteuning aan boord hebben kunnen op de boordcomputer een bepaald 3D model inladen. Gecombineerd met de sensoren in de bak geeft deze computer aan hoever de machinist zijn bak bijvoorbeeld naar beneden of naar rechts moet verplaatsen.

Applicaties

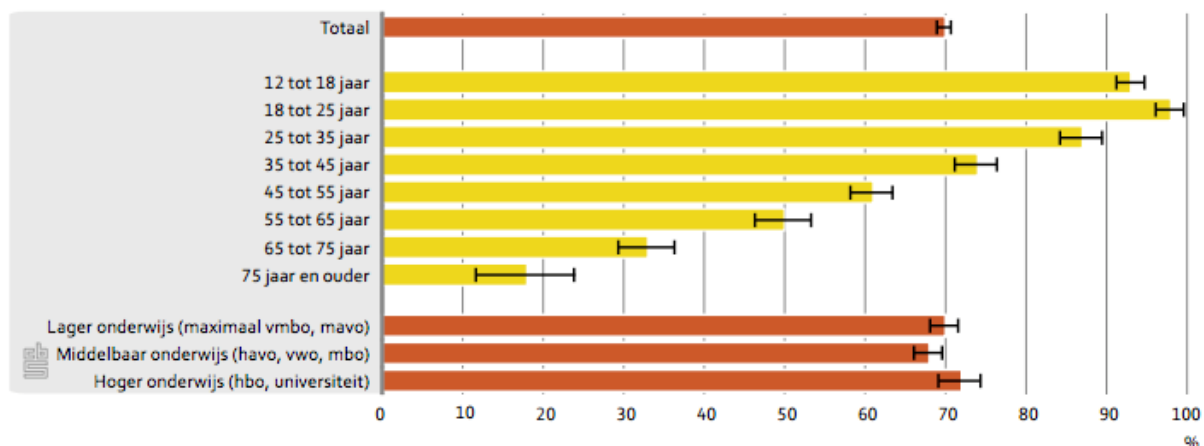
Applicaties, of apps, zijn onlosmakelijk verbonden met de huidige mobiele telefoons en tablets. Waar deze apps oorspronkelijk voor privé doeleinden ontwikkeld werden, komen er tegenwoordig steeds meer zakelijke apps op de markt. Een voorbeeld hiervan is de ArcGIS app. Met de ArcGIS app kan in het veld via mobiel internet het GIS benaderd worden. Kaartlagen kunnen aan- en uitgeschakeld worden en in combinatie met GPS kan de eigen positie weergegeven worden. Op deze manier kan bijvoorbeeld een uitvoerder ter plaatse kijken waar kabels en leidingen liggen.

Naast het raadplegen van het GIS, kan via de ArcGIS app ook informatie verzameld, bewerkt en ingevuld worden. Zo kan de uitvoerder bijvoorbeeld via zijn telefoon of tablet in het systeem invullen wat hij op een dag gemaakt heeft. Daarbij kan hij eventuele opmerkingen vermelden zoals opgetreden problemen en aanpassingen ten opzichte van het ontwerp.

ArcGIS Online

In een tijdperk van informatie delen (zie Figuur 32) krijgt het internet een steeds grotere rol in het dagelijkse leven. Waar ook in de GWW sector communicatie een essentiële rol speelt, moeten ontwikkelingen op het gebied van het delen van informatie op de voet gevolgd worden. Het in een GIS verwerken van informatie om vervolgens als praatplaatje te gebruiken ondersteund deze communicatie en voorkomt misverstanden.

ArcGIS Online maakt het delen van GIS-informatie verder toegankelijk. Waar bij een 'offline' GIS verbinding nodig is met een lokale server, kan met ArcGIS Online het GIS via internet benaderd worden. Dit maakt het mogelijk om via mobiel internet en de eerder genoemde ArcGIS app toegang tot het GIS te krijgen. Ook kan bijvoorbeeld met het toepassen van enkele restricties en beveiligingen het GIS toegankelijk gemaakt worden voor derden, zoals stakeholders en omwonenden.



Figuur 32: Gebruik Sociale Media in Nederland 2012. Bron: marketingfacts.nl

BGT

De voorloper van de BGT is de GBKN (Grootschalige Basiskaart Nederland). BGT staat voor basisregistratie grootschalige topografie. De BGT betreft een digitale basiskaart van heel Nederland waarin de ligging van gebouwen, wegen, water, spoorlijnen en terreinen is geregistreerd. Op 24 september 2013 is de Eerste Kamer akkoord gegaan met het wetsvoorstel basisregistratie grootschalige topografie. Dit betekent dat vanaf 1 januari 2016 het land dekkende bestand gereed voor gebruik moet zijn. In verdere toekomst (2020) moet, naast de ligging van objecten, ook een nadere beschrijving aan de GBT toegevoegd worden.

De overheid is verantwoordelijk voor het behalen van deze deadlines en het gereed maken van de BGT. Omdat overheden vaak opdrachtgevers zijn in de GWW, komt het steeds vaker voor dat de opdrachtnemer na afronding van een project bij het opleverdossier een BGT-gereed bestand moet aanleveren. De opdrachtnemer kan het zichzelf op dit vlak makkelijker maken door tijdens het project een GIS op te bouwen, zodat deze na minimale aanpassingen bij oplevering aan de opdrachtgever overhandigd kan worden ten behoeve van de BGT.

BIM

Een zeer recentelijke ontwikkeling in de GWW is de toepassing van BIM (Bouw Informatie Modelleren). Bij BIM maakt men een virtueel bouwmodel, waarin het ontwerpen, bouwen en exploiteren is verwerkt. Het idee hierbij is dat het bouwproces virtueel van te voren doorlopen kan worden, waarbij alle betrokken disciplines in een vroeg stadium bij het ontwerpproces betrokken worden. Vervolgens wordt het ontwerp in combinatie met tijd en eventueel geld in een 3D-model verwerkt. In het 3D-model wordt alle relevante informatie over een object gedurende de levensduur van het object vastgelegd.

Bij BIM speelt systems engineering een grote rol en ook BIM is een methode die processen moet begeleiden en documentmanagement moet ondersteunen. Er is dus een zeker overlap met het onderwerp van dit onderzoek. Het grootste verschil is 3D en 2D, aangezien een GIS (grotendeels) 2D is en BIM 3D. Dit onderzoek richt zich op de projectondersteuning die een GIS kan bieden, omdat het 3D element bij grote infrastructurele projecten wellicht niet van toegevoegde waarde is als de toename aan complexiteit van software en werkwijze in beschouwing wordt genomen. Waar ArcGIS een laagdrempelig, toegankelijk programma is, gaat BIM al snel gepaard met ingewikkeldere software, wat op zijn beurt weer geld, tijd en opleiding van medewerkers vergt.

3.5 Conclusie

Het onderzoek is gericht op projectondersteuning op het gebied van proces- en informatiemanagement en wat voor rol GIS in combinatie met Systems Engineering daar in kan spelen. De theorie achter Systems Engineering is in hoofdstuk 2 onderzocht. Dit derde hoofdstuk was gericht op het onderzoeken van de mogelijkheden van het gebruik van een GIS, met nadruk op de toepassing van GIS in de GWW-sector.

Er is een aantal onderdelen van (Arc)GIS die mogelijkheden biedt voor de koppeling met Systems Engineering om zo grootschalige infrastructurele projecten te ondersteunen:

Database koppeling

Het feit dat ArcGIS de mogelijkheid biedt om de database van het GIS op te zetten met behulp van Microsoft Excel, maakt het creëren van de database laagdrempelig en toegankelijk. Daarnaast kan de database van het GIS een aantal velden bevatten voor object gebonden informatie. Als in één van deze velden de objectcode volgend uit de SBS-structuur van Systems Engineering bevat, moet een koppeling tussen de GIS-omgeving en object gebonden informatie gemakkelijk te maken zijn. De voorwaarde die hier aan verbonden is, is dat de objectcode in de GIS-database voorkomt en in de object gebonden informatie. Dit kunnen bijvoorbeeld ontwerpdocumenten of contracten zijn.

Uit dit hoofdstuk is gebleken dat de basis voor een dergelijke koppeling binnen het programma ArcGIS aanwezig is. Hoe dit geheel er in de praktijk uit zal zien, zal blijken uit verder onderzoek en zal worden gedemonstreerd door middel van een fictief projectmodel.

Overzichtelijk

De interface van ArcGIS is dusdanig overzichtelijk en gemakkelijk in gebruik, dat er geen diepgaande studie voor nodig is om hier mee om te leren gaan. De basisfunctionaliteiten zijn aanwezig om een project ondersteunende tool te zijn en iedere projectmedewerker kan het programma in zijn eigen voordeel gebruiken. Naast het gebruiksgemak maakt het van bovenaf bekijken van het gehele project, waarbij kaartlagen naar gelieve aan- en uitgeschakeld kan worden een zeer overzichtelijke virtuele projectomgeving. Wanneer hierbij bijvoorbeeld luchtfoto's als ondergrond worden weergegeven, biedt het GIS voor alle geïnteresseerden een duidelijk beeld van het project.

Mobiliteit

Met ArcGIS Online en de ArcGIS app kan een GIS mobiel gemaakt worden. Het voordeel hiervan is dat het GIS overal geraadpleegd, bewerkt en aangevuld kan worden. Op deze manier kan er zowel op kantoor als in het veld in een GIS gewerkt worden. Beiden kunnen in het GIS een bewerking of opmerking plaatsen, waardoor locatie gerelateerde informatie gemakkelijk met elkaar gedeeld kan worden. Dit maakt communicatie tussen 'binnen en buiten' gemakkelijker.

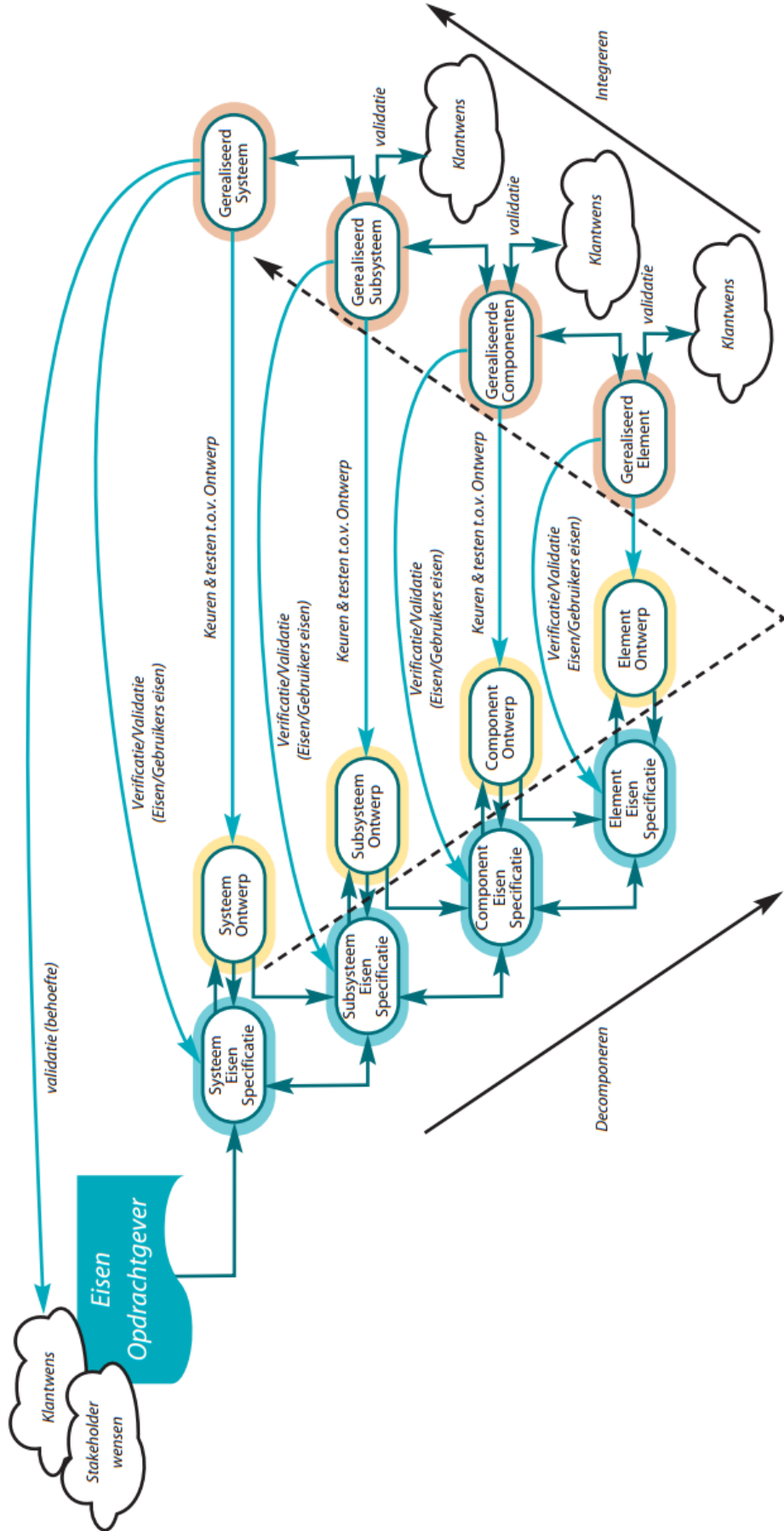
Informatie kan niet alleen gedeeld worden, maar bepaalde informatie kan ook direct vastgelegd worden in het systeem. Als het bijvoorbeeld voor een uitvoerder mogelijk wordt gemaakt om terwijl hij in het veld staat in het GIS aan te geven wat er gerealiseerd is en of datgene al dan niet volgens ontwerp is gemaakt, biedt dit mogelijkheden om het verificatieproces te ondersteunen.

Nu de theorie van Systems Engineering en de mogelijkheden van (Arc)GIS zijn onderzocht, wordt in het vervolg van het onderzoek gekeken naar de wensen uit de praktijk en waar GIS ondersteuning kan bieden. Tijdens dit praktijkonderzoek worden enkele projecten bezocht en interviews gehouden.

Bijlage A-1

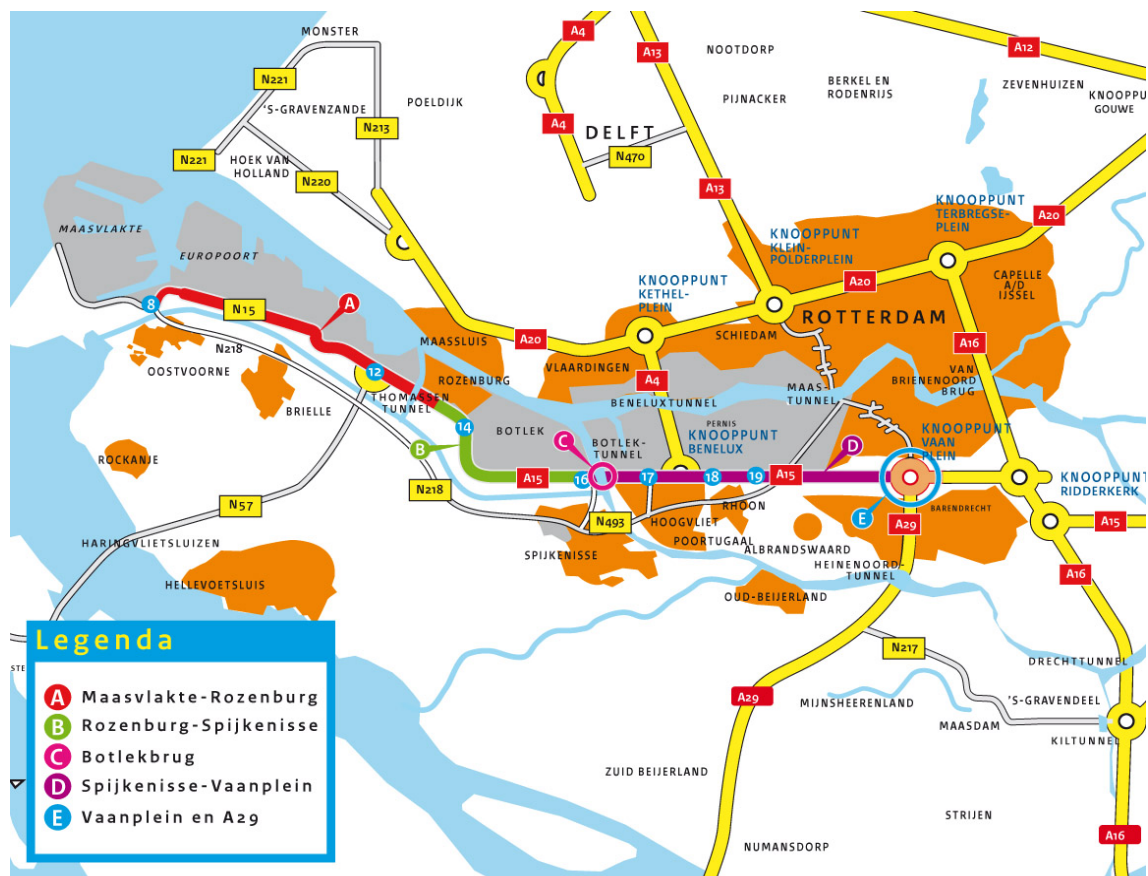
Het integrale V-model

Bron: Leidraad Systems Engineering v2



Bijlage B

Visualisaties project MaVa A15



Figuur 33: Tracé MaVa A15



Figuur 34: Diverse luchtfoto's tracé Maasvlakte - Vaanplein A15

Bijlage C

Stromendiagram gebruik GIS

Tender- en ontwerpfase

- Project volgens Systems Engineering , SBS creëren
- DMS opbouwen op basis van SBS-structuur
- V&V plan ontwikkelen op basis van SE en VMS opbouwen
- GIS lagenstructuur baseren op SBS, gebruiken voor raakvlakkenanalyse etc.
- Databases GIS, DMS, VMS koppelen mbv SBS-codering

Realisatiefase

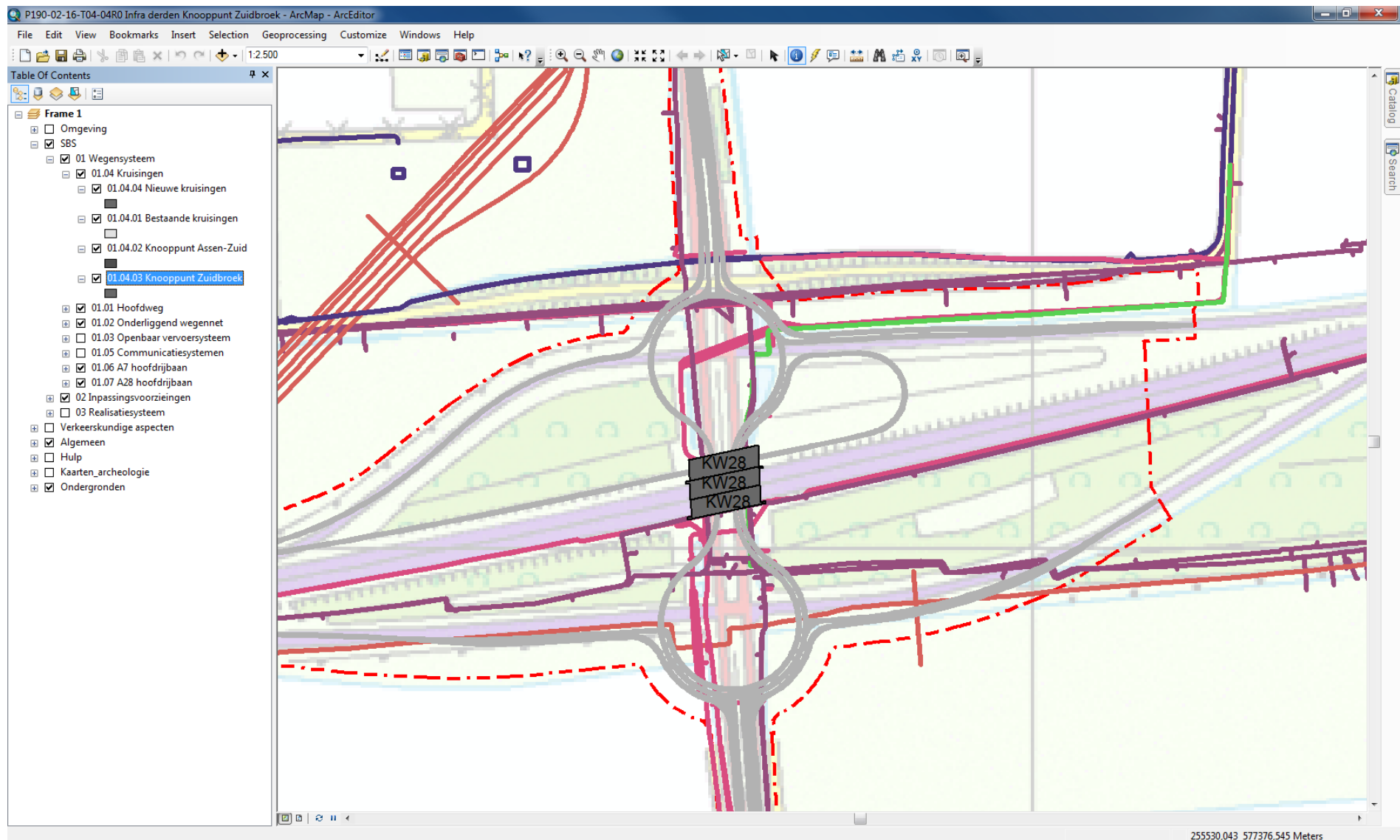
- GIS gebruiken om projectinformatie te benaderen
- GIS gebruiken om eisen en verificaties te benaderen
- Verificaties visueel gemaakt in GIS
- In het veld ArcGIS App gebruiken om GIS te raadplegen
- Stand van zaken delen met opdrachtgever, stakeholders en omwonenden via ArcGIS Online

Beheer- en onderhoudsfase

- Gebruik GIS om beheer- en onderhoudsproces te begeleiden
- Bij oplevering GIS model eenvoudig te integreren met KernGIS Rijkswaterstaat

Bijlage D

GIS Demonstratiemodel



Afbeelding 1: Situatie Kunstwerk 28 in GIS.

Links in beeld is de lagenstructuur van het GIS te zien. Deze is gebaseerd op de structuur van de SBS-codering

P190-02-16-T04-04R0 Infra derden Knooppunt Zuidbroek - ArcMap - ArcEditor

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

1:2.500

Table Of Contents

- Frame 1
 - Omgeving
 - SBS
 - 01 Wegensysteem
 - 01.04 Kruisingen
 - 01.04.04 Nieuwe kruisingen
 - 01.04.01 Bestaande kruisingen
 - 01.04.02 Knooppunt Assen-Zuid
 - 01.04.03 Knooppunt Zuidbroek
 - 01.01 Hoofdweg
 - 01.02 Onderliggend wegennet
 - 01.03 Openbaar vervoersysteem
 - 01.05 Communicatiesystemen
 - 01.06 A7 hoofdrijbaan
 - 01.07 A28 hoofdrijbaan
 - 02 Inpassingsvoorzieningen
 - 03 Realisatiesysteem

- Verkeerskundige aspecten
- Algemeen
- Hulp
- Kaarten_archeologie
- Ondergronden

Identify

Identify from: <Top-most layer>

01.04.03 Knooppunt Zuidbroek

KW28

Location: 255.776,602 577.038,473 Meters

Field	Value
OBJECTID	1
SHAPE	Polygon
ID_RWS	KW28
ID_Impuls33	01.04.03.02
Naam	Viaduct in de A7 zuid
Hyperlink	P:\Teun\01 Wegensysteem\04 Kruisingen\03 Knooppu
Verificatie_Status	Niet geverifieerd
Opmerkingen	<null>
SHAPE_Length	157,676171
SHAPE_Area	859,158178

Identified 1 feature

Table

01.04.03 Knooppunt Zuidbroek

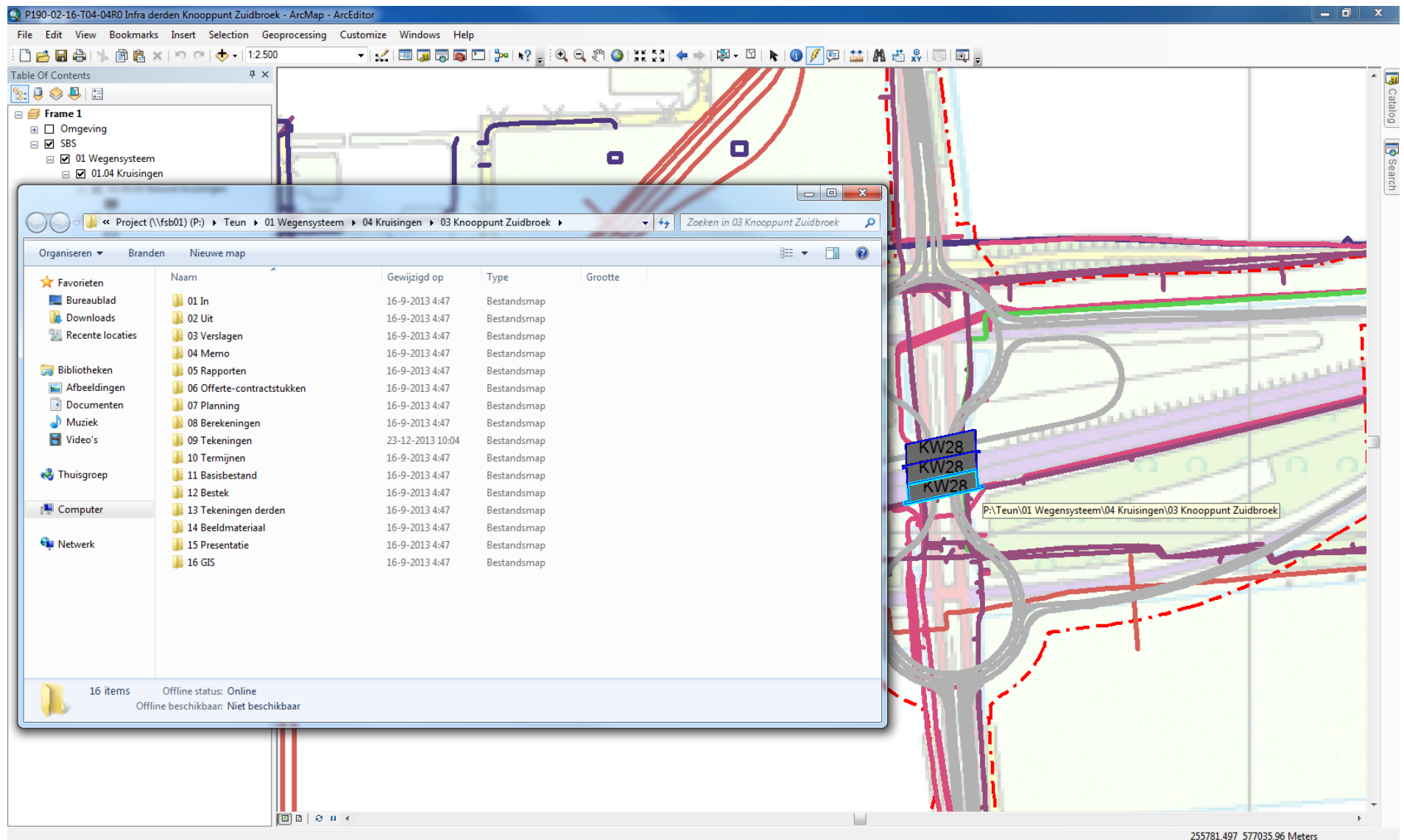
OBJECTID*	SHAPE*	ID_RWS	ID_Impuls33	Naam	Hyperlink	Verificatie_Status	Opmerkingen	SHAPE_Length	SHAPE_Area
1	Polygon	KW28	01.04.03.02	Viaduct in de A7 zuid	P:\Teun\01 Wegensysteem\04 Kruisingen\03 Knooppunt Zuidbroek	Niet geverifieerd	<Null>	157,676171	859,158178
2	Polygon	KW28	01.04.03.01	Viaduct rangeerbaan A7 - noord Knooppunt Zuidbroek	P:\Teun\01 Wegensysteem\04 Kruisingen\03 Knooppunt Zuidbroek	Geverifieerd	Zonder afwijkingen uitgevoerd	146,467702	934,273833
3	Polygon	KW28	01.04.03.03	Viaduct in de A7 noord	P:\Teun\01 Wegensysteem\04 Kruisingen\03 Knooppunt Zuidbroek	Niet geverifieerd	<Null>	154,794693	851,060802

01.04.03 Knooppunt Zuidbroek

256022,004 577247,495 Meters

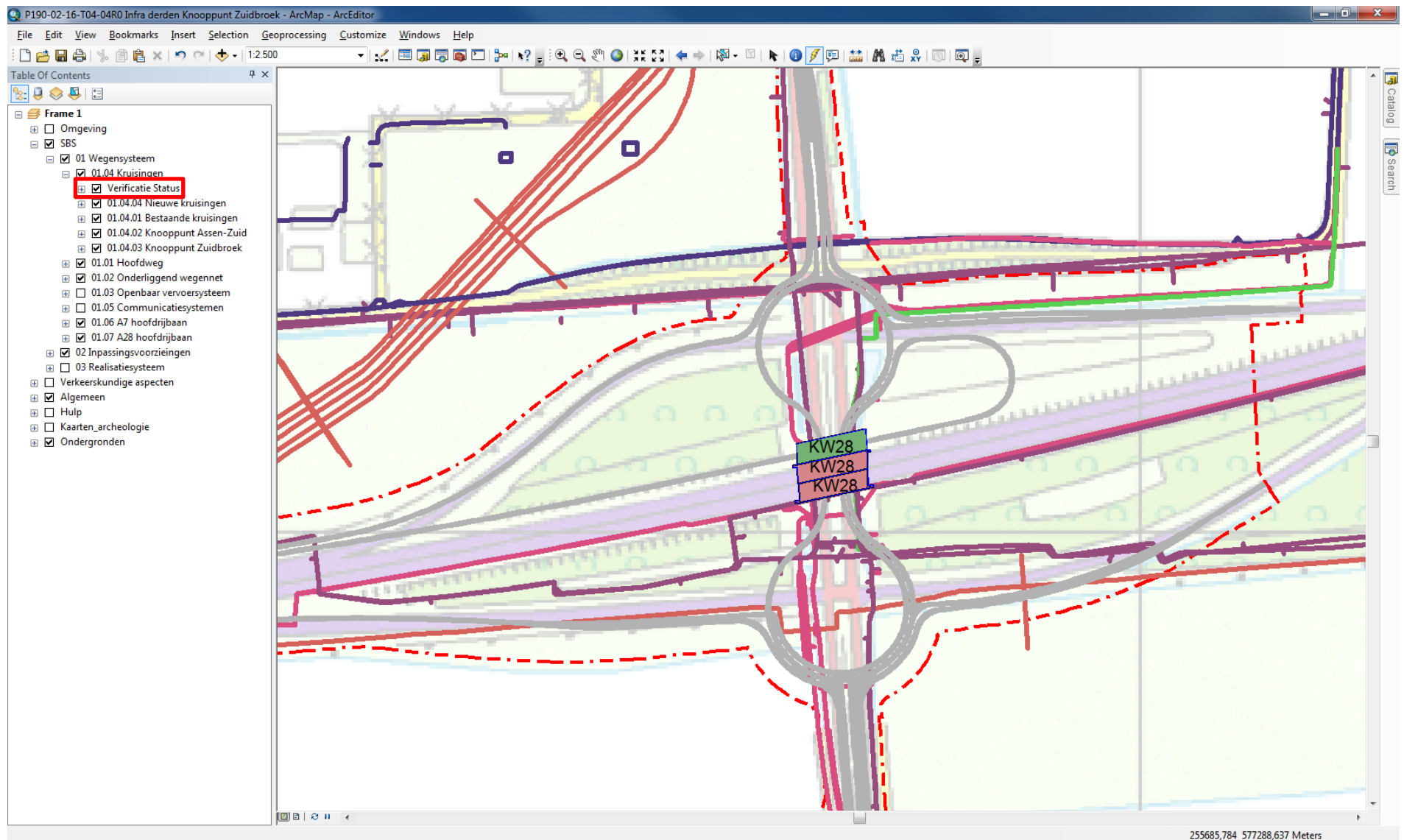
Afbeelding 2: Object eigenschappen van KW28

Door met de -knop op het object te klikken verschijnt een pop-up venster met hierin de object-gerelateerde eigenschappen. Onder deze eigenschappen vallen onder andere de SBS-code, status van verificatie en opmerkingen. De status van verificatie baseert het programma op de database van Relatics. Onderin het scherm is de attribuuttabel van de laag te zien. Deze bevat de eigenschappen van alle objecten in de laag.



Afbeelding 3: Object-gerelateerde projectdocumenten via hyperlink

Door met de -knop op het object te klikken wordt object-gerelateerde projectinformatie toegankelijk gemaakt. Via deze hyperlink kan een projectmap op de lokale server, of een projectmap op een online DMS benaderd worden.



Afbeelding 4: Verificatie status visueel gemaakt in GIS

Door de laag 'Verificatie Status' in te schakelen wordt per object de status van verificatie visueel gemaakt. Geverifieerde objecten worden groen gemarkeerd en niet geverifieerde objecten worden rood gemarkeerd.