

Leidraad

voor Systems Engineering binnen de GWW-sector

VERSIE 3



De samenhang centraal

Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector

De samenhang centraal

VERSIE 3

ProRail



Patrick Buck ProRail



Jan Hendrik Dronkers Rijkswaterstaat



Peter van der Linde Vereniging van Waterbouwers

NLINGENIEURS



Ed Nijpels NLingenieurs



Titia Siertsema Uneto VNI



Maxime Verhagen Bouwend Nederland

De samenhang centraal

Sinds het verschijnen van de Leidraad voor Systems Engineering versie 2 in 2009 is er, binnen de GWW-sector, veel gebeurd op het vlak van Systems Engineering (SE). Het draagvlak is verbreed doordat organisaties ervaren dat SE helpt projecten beheersbaar te maken. Er ligt meer nadruk op integraal werken, waarbij opener communicatie plaatsvindt tussen opdrachtgevers, opdrachtnemers en overige belanghebbenden. Organisaties realiseren efficiëntieverbeteringen, door het voorkomen van rework en het investeren in hergebruik van producten en kennis. En niet onbelangrijk: SE laat producten daadwerkelijk beter aansluiten op de klantwens.

Inzichten en uitdagingen

In deze sector in ontwikkeling zijn nieuwe inzichten opgedaan en nieuwe uitdagingen ontstaan. De komende jaren staan we voor de opgave om de levenscyclusbenadering verder te versterken. Dat kan alleen slagen als de diverse spelers hun rol in samenhang oppakken. De terugtrekkende overheid vraagt om een markt die verantwoordelijkheid kan dragen. De inzet van SE draagt bij aan de realisatie van waardevolle oplossingen over de hele levenscyclus. Het is daarvoor van belang dat de sector de komende jaren in samenhang en op voldoende niveau SE toepast en inziet dat het toepassen van SE het hele bedrijf raakt.

Prioriteiten

We luisterden voor de samenstelling van deze derde versie van de Leidraad Systems Engineering goed naar de actuele behoefte in de sector. We inventariseerden de knelpunten en haken aan op de thema's die leden van het 4-partijenoverleg definieerden als prioriteiten bij het versterken van de samenhang, zoals aandacht voor houding en gedrag (soft skills).

De samenhang staat centraal in deze Leidraad. Het gaat dan om de samenhang tussen de diverse betrokken organisaties in de GWW-sector over de hele keten, waaronder opdrachtgevers, opdrachtnemers en belanghebbenden en van civiele werken tot besturing en bedieningsystemen. Daarnaast is samenhang onmisbaar voor de processen binnen het bedrijf, in het project en tussen personen.

Professioneel toepassen SE

Deze Leidraad is bestemd voor iedereen in de GWW-sector die in een organisatie werkt die SE toepast of wil invoeren, aan zowel opdrachtgevers- als opdrachtnemerszijde en over de hele breedte van projecten. Bij het maken van deze Leidraad sloot ook UNETO-VNI zich aan bij ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, de Vereniging van Waterbouwers en NLingenieurs. De Leidraad Systems Engineering versie 3 wil deze zes partijen en hun achterban de komende jaren ondersteunen bij het verder en professioneel toepassen van SE.

Leeswijzer

Deze Leidraad versie 3 kent een andere opbouw dan voorgaande Leidraden. Niet alleen is de doelgroep verbreed; deze is ook diverser in rollen, niveaus van volwassenheid en verwachting. Daar willen we met de inhoud en opzet van deze Leidraad rekening mee houden.

Leidraad versie 1 (april 2007) legde de basis voor een gemeenschappelijke taal in de GWW-sector en beschreef de SE-methodiek. Hiervoor bundelden Rijkswaterstaat, ProRail, Bouwend Nederland en NLI ingenieurs (destijds nog ONRI) de krachten. Zij zijn de eerste vier deelnemers van het 4-partijenoverleg.

Voor **Leidraad versie 2** (november 2009) sloot de Vereniging van Waterbouwers aan. Deze versie beschreef de methodiek en ging in op de samenwerking tussen partijen.

Leidraad versie 3 (november 2013) bestaat uit drie delen, die elk een eigen (hoofd)doelgroep kennen. Deze versie weerspiegelt de ervaringen die de afgelopen jaren zijn opgedaan met het toepassen van SE. Ze schetst de huidige situatie van SE in de GWW-sector en de uitdagingen voor de toekomst (deel 1), de zaken die nodig zijn op organisatieniveau om SE in te voeren (deel 2) en wil een brug slaan tussen theorie en praktijk (deel 3). Deze Leidraad is net als de voorgaande Leidraden niet bedoeld om naar te verwijzen in contracten en ook niet bindend bij contracten. Hieronder gaan we uitgebreider in op de doelen en doelgroepen per deel van deze Leidraad.

Delen, doelen en doelgroepen

DEEL 1 - De sector: Dit deel beschrijft waar de GWW-sector zich bevindt als het gaat om de implementatie van SE, het geeft de leidende principes die het 4-partijenoverleg vaststelde, beschrijft een stappenplan voor bedrijven in de GWW-sector en schetst op hoofdlijnen wat SE inhoudt. Dit deel van de Leidraad wil vooral informeren. De belangrijkste doelgroep van dit deel zijn de managers. De tekst is echter ook interessant voor projectmanagers en projectmedewerkers.

DEEL 2 - De organisatie: Dit deel beschrijft wat er op organisatieniveau nodig is voor een goede implementatie van SE. Een interview met managers die de zes partijen vertegenwoordigen, schetst de huidige marktsituatie en de leerpunten en dilemma's die op dit moment een rol spelen bij de toepassing van SE. Daarnaast biedt dit deel de 'Aanbevelingen en valkuilen bij SE' en een tekst over het belang van houding en gedrag bij het succesvol toepassen van SE. Dit deel van de Leidraad wil inspireren, en de belangrijkste doelgroep van dit deel zijn de managers en projectmanagers. De tekst is echter zeker ook geschikt voor projectmedewerkers.

DEEL 3 - Het project: Dit deel koppelt SE-theorie aan het praktijkvoorbeeld 'Over de Poel' (de case). We benadrukken dat het hier om een fictief project gaat. We starten deel 3 met 3.1 dat theorie biedt over enkele ontwikkelmethodieken en de technische SE-processen die tijdens alle fasen van een project terugkomen. Dit is de essentie van het iteratieve karakter dat SE kenmerkt. Vervolgens schetst deel 3 de case 'Over de Poel'. Bij deze case, die is opgeknipt in zes delen (I t/m VI), vindt de lezer steeds codes. Deze verwijzen naar relevante theorie die naast de case is te vinden. Dit deel van deze Leidraad wil handvatten en inzichten bieden voor de concrete toepassing van SE. Aan het einde van elk van de zes delen staat welke competenties in deze fase van belang zijn. De doelgroep van dit deel van de Leidraad zijn de projectmedewerkers, maar ook projectmanagers vinden hier relevante informatie.

Contextdocument

Leidraad versie 3 kan zelfstandig gelezen worden en vervangt de versies 1 en 2. We behandelen de methodiek waar relevant en verwijzen soms voor verdieping naar inhoudelijke informatiebronnen als normen, handboeken, modellen en werkwijzen. De Leidraad kan gebruikt worden bij projecten waar SE wordt toegepast. Dit geldt ook voor projecten bij decentrale overheden, waarbij CROW een belangrijk aanspreekpunt is. De Leidraad biedt inzicht in de gereedschapskist van SE, waarbij naarmate een project complexer is, meer SE-gereedschap kan worden ingezet. Wie een beeld wil krijgen van hoe SE zich in de GWW-sector heeft ontwikkeld, kan daarnaast Leidraad versie 1 en Leidraad versie 2 lezen. Daar waar de theorie tussen de verschillende versies verschilt, is sprake van voortschrijdend inzicht en is versie 3 leidend. De versies 1 en 2 zijn ook te vinden op www.leidraadse.nl.

Inhoud

DEEL 1	DE SECTOR	
	Positie bepalen en richting kiezen	7
1.1	Sector in transitie	8
1.2	De leidende principes	10
1.3	Werken met een stappenplan	11
1.4	SE op hoofdlijnen	12
DEEL 2	DE ORGANISATIE	
	Ingericht zijn op SE	15
2.1	6 partijen over SE in de GWW-sector	16
2.2	Aanbevelingen en valkuilen bij de invoering van SE	22
2.3	Aandacht voor SE-processen	25
2.4	Houding en gedrag	26
	Aandacht voor soft skills essentieel bij toepassing SE	
DEEL 3	HET PROJECT	
	Het systeem centraal	31
3.1	SE-processen en ontwikkelmethodieken	32
3.2	De case: Over de Poel	37
	I Verkenning	38
	II Conceptfase	44
	III Ontwikkeling en contractering	50
	IV Doorontwikkeling	54
	V Uitvoering	60
	VI Onderhoud	64
	Afkortingen- en begrippenlijst	68
	Geraadpleegde literatuur en websites	71
	Colofon	72



Deel 1

De sector

Positie bepalen en richting kiezen

Vanwege de toenemende complexiteit van projecten in de GWW-sector zet deze sinds een klein decennium in op de toepassing van SE. Daarmee bevindt de sector zich in een transitie. Dit deel van de Leidraad toont waar de sector staat in deze verandering en welke uitdagingen er de komende jaren in het verschiet liggen (1.1). Voor het schetsen van deze uitdagingen zijn diverse adviseurs en managers van bedrijven en de overheid binnen de GWW-sector bevroegd.

De zogenaamde leidende principes zijn uitgangspunten die ondersteunen bij het succesvol samenwerken in de GWW-sector. Het 4-partijenoverleg constateerde dat deze principes met de toepassing van SE de afgelopen jaren waren meeveranderd. Vandaar dat we de aangepaste leidende principes behandelen (1.2). Verder beschrijven we het werken met een stappenplan (1.3). Dit stappenplan toont hoe organisaties zich kunnen ontwikkelen naar een hoger volwassenheidsniveau. Deel 1 sluit af met een beschrijving van Systems Engineering op hoofdlijnen (1.4).

1.1 SECTOR IN TRANSITIE

Sector in verandering erkent uitdagingen

Het draagvlak voor en de toepassing van SE namen de afgelopen jaren toe. Eenvoudigweg omdat organisaties ervaren dat SE helpt projecten beter beheersbaar te maken en effectiever in te richten. Tegelijkertijd is de invoering van SE een zoektocht waarin men op uitdagingen stuit. De ervaringen van de afgelopen jaren maken echter steeds duidelijker waarmee de komende tijd vooruitgang valt te boeken.

Van objectenbouwers naar dienstverleners, dat is de verandering die de GWW-sector doorloopt.

En dat in een omgeving waar met minder geld, veiliger en duurzamer moet worden gebouwd. Wanneer je een complex systeem realiseert, vraagt dat veelal om systematisch werken en het ontwikkelen van de competenties die daarbij nodig zijn. Daarvoor kunnen verschillende werkwijzen worden ingezet en binnen de GWW-sector krijgt dat vorm met SE. SE biedt één taal, en daarmee gelijke definities van begrippen, waarmee partijen elkaar kunnen begrijpen. Hiermee worden misverstanden en daarmee faalkosten zo veel mogelijk voorkomen.

Regelmatig op één locatie samenwerken, inzetten op communicatie en over disciplines en fasen heen kijken, draagt bij aan samenhang.

Projecten worden op dit moment vaak nog disciplinegewijs georganiseerd. Daarbij gaan consortium- of combinatieafspraken nog te vaak over de verdeling van werk en omzet en minder over het borgen van de integraliteit. Zo integraal mogelijk werken en als consortium of combinatie een integraal team opzetten dat over disciplines en fasen heen kijkt, levert winst op in de organisatie van projecten. Bij een integraal ontwerp dienen alle belanghebbenden betrokken te zijn, waaronder ook de beheerder. Het is goed om de verschillende expertises fysiek bij elkaar te brengen en het vakmanschap bij elkaar te organiseren, zowel binnen organisaties als organisatie-overstijgend.

Binnen elk project dient vertrouwen een aandachtspunt te zijn en de benodigde aandacht te krijgen.

Het vergroten van het vertrouwen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer is een belangrijk aandachtspunt. Daarvoor dient men regelmatig om tafel te gaan. Dit in onderling respect, met zicht op het gemeenschappelijk belang én begrip en respect voor tegenstrijdige belangen. Zodat men samen de risico's en kansen kan bespreken, zowel bij de opstart als tijdens overdrachtsmomenten. Dat vraagt om de inzet van de juiste competenties (zie ook 2.4 'Houding en Gedrag').

Alle organisaties dienen scherp te zijn op de momenten dat er ontwerpkeuzes worden gemaakt.

Binnen de GWW-sector komen veel overdrachtsmomenten voor tijdens de systeemontwikkeling. Dit terwijl heel wat keuzes al vroeg in het traject – soms impliciet – worden gemaakt. Het is dan wenselijk dat de gemaakte keuzes traceerbaar zijn. De oplossing ligt bij expliciet werken vanaf de vroegste fase. Door expliciet te werken is steeds duidelijk waarom welke keuzes zijn gemaakt en is steeds traceerbaar hoe het systeem invulling geeft aan de klantvraag. Dat helpt bij het verbeteren van de overdracht tussen organisaties en draagt daarmee bij aan een integraal ontwerp.

De transitie van ontwerpen naar engineeren vraagt om aandacht voor vaardigheden als specificeren.

De toepassing van SE vraagt van ontwerpers dat ze het ontwerp in samenhang zien met de eisen. Het werken aan ontwerp en ontwikkeling van eisen vindt nog niet altijd geïntegreerd plaats. Dit vraagt om verdere ontwikkeling van specificatievaardigheden. Dit bijvoorbeeld door in te zetten op goede (vervolg)opleidingen in combinatie met training-on-the-job.

Verificatie en validatie effectief inzetten vraagt om inventiviteit, het benutten van kwaliteitssystemen en gecertificeerd vakmanschap.

Door gebrek aan risicogedrevenheid vertalen organisaties een ISO-norm nog vaak naar een paar duizend eisen, wat resulteert in een flinke formulierenstroom. Dit is echter niet de bedoeling van verificatie en validatie. De opdrachtnemer dient inventief en kritisch de mogelijkheden voor verificatie en validatie te benutten. Bijvoorbeeld door te checken welke eisen worden afgedekt door het kwaliteitssysteem en gecertificeerd vakmanschap. De opdrachtgever dient hiervoor ruimte te geven. Ook afstemmomenten – elkaar begrijpen en om tafel gaan om de risico's en kansen te bespreken – kunnen bijdragen aan efficiëntere inzet van verificatie en validatie. De inzet van SE vraagt om een verandering van verantwoordelijkheidsdenken naar keten- of procesdenken.

Benoem bij contracten welke keuzes al vaststaan en welke vrijheid er nog bestaat.

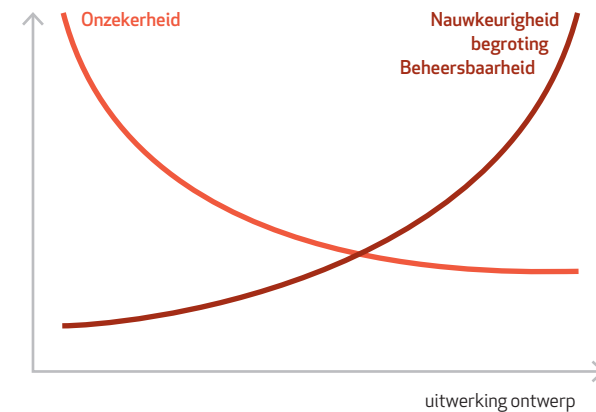
De overgang naar een nieuwe manier van werken leidde vaak tot discussie over de verificatie- en validatieplicht. Zo kwamen er contracten op de markt waarin de opdrachtgever al keuzes had gemaakt, terwijl de verificatie- en validatieplicht hiervoor bij de opdrachtnemer werd neergelegd. Organisaties benoemen overigens dat deze tendens afneemt. Het is echter wenselijk dat, wanneer in projecten de oplossing al wordt voorgeschreven, ook wordt uitgesproken dat er feitelijk geen oplossingsruimte is en dat de verificatie en validatie van deze keuze al door de opdrachtgever is uitgevoerd. Hierbij is het belangrijk om met elkaar in gesprek te gaan en helder en expliciet de realiteit te benoemen.

De besluitvorming waar politiek een rol speelt, vraagt soms concrete antwoorden op nog abstracte vragen.

In het begin van een project is de oplossingsruimte, en daarmee de onzekerheid, nog groot (figuur 1). Dit vraagt om een omslag in beslissen, waarbij besluiten van grof naar fijn worden genomen. Naarmate het project vordert wordt de begroting nauwkeuriger en neemt de onzekerheid af. Het is verstandig om bij beslismomenten dan ook gebruik te maken van een raming met een bandbreedte en inzichtelijk te maken welke uitgangspunten, randvoorwaarden en aannames er in die raming zijn meegenomen. Een voorbeeld van een beslismoment is de contractvorming. Hier wordt nog regelmatig om een vaste prijs gevraagd, terwijl de onzekerheden nog groot zijn. Het is raadzaam een periode op te nemen waarin gezamenlijk wordt gewerkt aan de systeemontwikkeling totdat de onzekerheden een acceptabel niveau bereiken.

Mogelijkheden

Al met al liggen er de komende jaren heel wat mogelijkheden om als sector verder te komen bij de toepassing van SE. En als iets duidelijk is, dan is het wel dat inzetten op samenwerking en werken aan vertrouwen daarbij essentieel zijn. Daarvoor dragen alle betrokken partijen een gezamenlijke verantwoordelijkheid.



Figuur 1 - Onzekerheid in relatie tot het uitwerkingsniveau van het ontwerp

1.2 DE LEIDENDE PRINCIPES

Het 4-partijenoverleg stelde een aantal uitgangspunten vast die ondersteunen bij het succesvol samenwerken in de GWW-sector. Deze uitgangspunten – de leidende principes – zijn hierbij richtinggevend. In Leidraad 2 werden deze principes voor het eerst geformuleerd. De toenemende samenwerking en de inzet van SE leidden tot nieuwe inzichten, waardoor deze principes zijn aangescherpt. De aangepaste leidende principes:

***Klantvraag
centraal stellen.***

Niet de technische oplossing van het probleem, maar de behoeften van belanghebbende partijen gedurende de levenscyclus van het systeem (de belanghebbenden), staan centraal.

***Ruimte bieden voor
ontwerpvrijheid.***

Bij een probleemstelling hoort ook oplossingsruimte. Ontwerpvrijheid is gewenst om de creativiteit van marktpartijen sterker te kunnen benutten.

***Denken in systemen
(systeemdenken).***

Alle partijen in de sector benaderen projecten vanuit het gehele systeem. Dat betekent dat ze rekening houden met het complete systeem, als onderdeel van een groter systeem, de levensduur en alle betrokken partijen in de keten.

***Transparantie
realiseren.***

Toepassing van SE zorgt voor transparante besluitvorming, traceerbare informatie en aantoonbare werkprocessen tijdens de gehele levenscyclus van het systeem.

***Vergroten
van efficiëntie.***

Gebruik van de juiste methoden en technieken uit het SE-palet en slim hergebruik van technologie en kennis reduceren de (kans op) faalkosten tijdens de hele levenscyclus.

***Waarde
toevoegen.***

De focus ligt op de oplossing die voor de belanghebbenden de meeste waarde oplevert. Dit met aandacht voor de hele levenscyclus.

***Informatie slim
organiseren en
ontsluiten.***

Het is belangrijk dat alle relevante informatie tijdens de levenscyclus van een systeem toegankelijk is voor de betrokken partijen. SE levert een belangrijke bijdrage aan het organiseren en vastleggen van informatie. Dit ontsluiten van informatie noemen we ook wel een BIM (Bouwwerk Informatie Model).

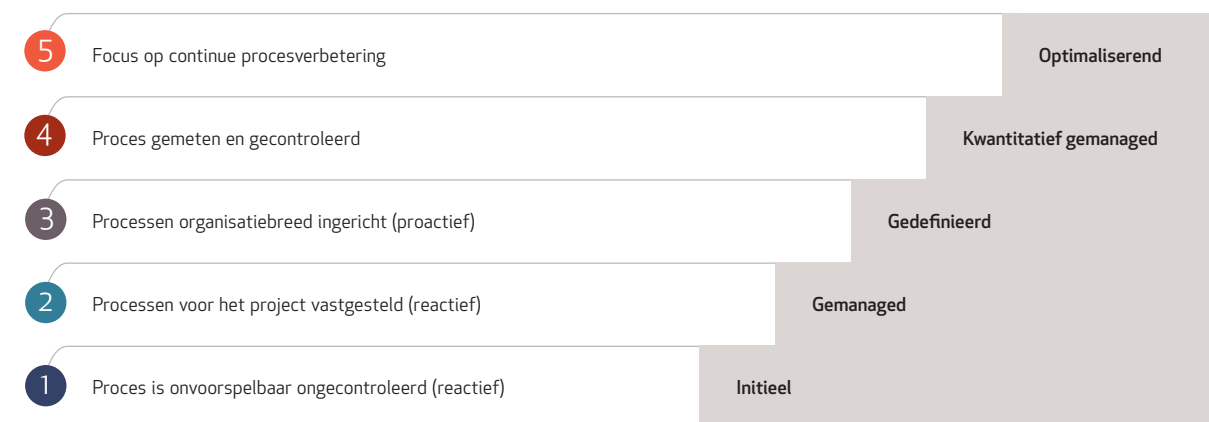
***Aandacht voor
houding en gedrag.***

Competenties op het vlak van houding en gedrag, ook wel 'soft skills' – zoals doorvragen, creatief kunnen denken en expliciet werken – zijn van belang bij medewerkers en binnen teams en organisaties. Deze competenties zijn, naast de uiteraard onmisbare technische skills, bepalend voor de kwaliteit van het eindproduct.

1.3 WERKEN MET EEN STAPPENPLAN

De omvang van GWW-projecten neemt toe in een omgeving waar met minder tijd en geld, veiliger en duurzamer moet worden gebouwd. Daarbij zijn vaak veel belanghebbenden betrokken bij projecten. Dit vraagt om prestatieverbetering van de betrokken organisaties. De afgelopen jaren zien we een ontwikkeling waarbij technologie, standaardisering en hulpmiddelen een belangrijke rol spelen in de zoektocht naar prestatieverbetering. Daarnaast kan deze verbetering worden gezocht in procesverbetering en optimalisatie van de aanwezige competenties bij de personeelssamenstelling. Deel II van deze Leidraad gaat in op het optimaliseren van de competenties (2.4). Een stappenplan kan een rol spelen bij de procesverbetering.

In de GWW-sector komen verschillende contracten op de markt. Daarbij bestaat er grote diversiteit in de omvang van contracten, complexiteit en bijvoorbeeld aantal betrokken belanghebbenden. Wanneer organisaties een strategie bepalen is het raadzaam dat ze vaststellen op welke contracten ze zich willen richten. Dit geldt zowel voor organisaties die contracten op de markt zetten als voor organisaties die daarop inschrijven. Wanneer de gekozen strategie om ontwikkeling vraagt, kan men hierbij een stappenplan (roadmap) gebruiken. Hierin legt de organisatie bijvoorbeeld vast welke markt ze wil bedienen en welke contracten daarbij passen, maar ook welk type medewerkers en welke kwaliteit van processen daarvoor nodig zijn. Vraagt de gekozen strategie om verbetering



Figuur 2 - Stappen in volwassenheidsniveau van een organisatie

van de processen, dan kan hierbij het stappenplan worden ingezet. Hiervoor gebruikt de sector vaak het CMMI-model (Capability Maturity Model Integration).

CMMI-model

Het door het Carnegie Mellon Software Engineering Institute ontwikkelde CMMI-model beschrijft een raamwerk van karakteristieke onderdelen van een effectief proces. De processen van een organisatie kunnen worden getoetst aan de hand van dit raamwerk, dat is afgeleid uit succesvolle praktijkervaringen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen een gefaseerde weergave en een continue weergave. Bij de gefaseerde weergave toetst men per niveau of de vastgestelde groep procesgebieden voor dat

niveau (Maturity-niveau) op orde is; in de continue weergave wordt per proces afzonderlijk een niveau toegekend (Capability-niveau). In huidige contracten wordt soms van afzonderlijke processen een bepaald Capability-niveau gevraagd. De ISO 15504 beschrijft een raamwerk waarmee deze afzonderlijke processen kunnen worden getoetst. De strekking van de niveaus van beide weergaves zijn vergelijkbaar; in figuur 2 zijn de 5 Maturity-niveaus weergegeven. De continue weergave hanteert ook nog een niveau 0 voor een incompleet proces.

Verhogen volwassenheidsniveau

De keuze voor het te bereiken volwassenheidsniveau moet passen binnen de strategie van de betreffende organisatie.

Wanneer organisaties met een laag volwassenheidsniveau in proceskwaliteit complexe projecten oppakken, kan dat leiden tot faalkosten, inefficiëntie of een ontevreden klant. Elk niveau kent binnen beide weergaves – continu en gefaseerd – zijn eigen procesgebieden of karakteristieken die op orde dienen te zijn. Aan de eisen van lagere niveaus moet blijvend worden voldaan tijdens het groeiproces; daarbij kunnen er geen niveaus worden overgeslagen.

Bij toetsing kan blijken dat de huidige inrichting van middelen niet voldoende is om het gewenste niveau te bereiken. Door de toetsing krijgen organisaties echter in beeld welke aanpassingen nodig zijn om op een volgend niveau van het CMMI-model te opereren. In de GWW-sector valt bijvoorbeeld op het gebied van configuratiemanagement nog veel te winnen, aangezien veel organisaties hiervoor nog geen scherpe strategie hebben.

Verder lezen

Wie meer wil lezen over deze onderwerpen, raden we de volgende documenten aan:

- **De norm NEN-ISO/IEC 15504**
Deze norm maakt de Capability-niveaus van afzonderlijke processen inzichtelijk. Binnen de norm scoren onderdelen van processen op professionaliteit. De norm geeft inzicht in de te verbeteren onderdelen van het proces. Op het gebied van SE kunnen met behulp van de norm de processen zoals ze beschreven zijn in de norm NEN/ISO-IEC 15288 worden getoetst op volwassenheid. Dit geeft inzicht in het niveau van de organisatie op het gebied van SE-processen.
- <http://cmminstitute.com/resources/>
Deze site – beschikbaar gesteld door het Carnegie Mellon Software Engineering Institute – bevat veel informatie over het CMMI-model.
- **Stappenplan Invoering Systems Engineering; INCOSE-SIG SEI; Stappenplan V1.2**
– mei 2005 – B. de Landtsheer e.a.
- **CMMI for Development, Version 1.3**
– november 2010 – Carnegie Mellon Software Engineering Institute.

I.4 SE OP HOOFDLIJNEN

De essentie van SE komt terug in diverse handboeken en kennisdocumenten – toegespitst op de situatie bij verschillende organisaties. Voor diegenen die voor het eerst met SE in aanraking komen en degenen die de basis in vogelvlucht tot zich willen nemen, zetten we hier de hoofdzaken op een rij. De hoofdlijnen van SE sluiten goed aan op de leidende principes die het 4-partijen-overleg definieerde voor de samenwerking binnen de GWW-sector. Vandaar ook dat SE als werkwijze geschikt blijkt voor de sector.

Systems engineering; een definitie

‘Systems Engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, and then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem: operations, cost and schedule, performance, training and support, test, manufacturing, and disposal. SE considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs.’ Zo luidt de officiële definitie van Systems Engineering volgens INCOSE.

We kunnen dit vertalen als: ‘Systems Engineering is een interdisciplinaire benadering met bijbehorende middelen die zich richt op het realiseren van succesvolle systemen. SE focust op het definiëren van klantbehoeften en de gevraagde functionaliteit vroeg in de ontwikkeling, het

vastleggen van de eisen, de ontwerpsynthese en systeemvalidatie bij het beschouwen van het complete vraagstuk: bediening en besturing, training en ondersteuning, kosten en planning, prestatie, realisatie, testen en verwijdering. SE beschouwt zowel de bedrijfsdoelen als de technische behoeften van alle klanten. Dit met het doel een kwaliteitsproduct te realiseren dat voldoet aan de gebruikersbehoefte.

Belangrijk binnen het SE-gedachtegoed **Systeemdenken**

SE is gebaseerd op systeemdenken. Daarbij is een systeem een – afhankelijk van het gestelde doel – binnen de totale werkelijkheid te onderscheiden verzameling elementen (waaronder ook organisaties en processen), die onderlinge relaties hebben. Elk systeem maakt deel uit van een groter geheel. Met systeemdenken houden organisaties rekening met het complete systeem, de levensduur en alle betrokken partijen in de keten.

De klantvraag centraal

Projecten die gebruikmaken van SE analyseren de problemen en kansen, gerelateerd aan de klantvraag. Met het specificeren worden de klantbehoeften vertaald in klanteisen. Deze klanteisen legt men vast in een Klant Eisen Specificatie (KES) of Customer Requirements Specification (CRS). Tijdens de systeemontwikkeling vindt continue afstemming plaats op de actuele klantvraag. Met SE creëer je de beste oplossing voor het probleem binnen de gegeven oplossingsruimte, die ontstaat vanuit de klantvraag. Fysieke begrenzing, normen en richtlijnen, tijd en budget begrenzen deze oplossingsruimte.

Optimalisatie over de levenscyclus

Concept, ontwikkeling, realisatie, (her)gebruik, onderhoud en sloop: dat zijn de fasen die elk systeem in de levenscyclus doorloopt. SE is faseoverstijgend en richt zich op het optimaliseren van het systeem in al zijn fasen en in onderlinge samenhang over de hele levenscyclus. De focus op één fase zorgt meestal voor suboptimalisatie. Zo kan een kwalitatief goede deklaag van een weg een relatief dure investering zijn in de realisatiefase. Wanneer deze deklaag voor flinke besparing zorgt in de onderhoudsfase, vallen de kosten over de hele levenscyclus echter lager uit.

Van abstract naar concreet

Gedurende de ontwikkeling werkt men van abstract naar concreet. Het traject start met een abstracte klantvraag, die door iteratief specificeren en decomponeren uiteindelijk resulteert in een concrete oplossing. Uit de gekozen oplossingen binnen de oplossingsruimte volgt de decompositie. Deze brengt informatie – binnen een steeds complexer wordende omgeving – op een heldere manier met elkaar in verbinding. Voor het werken van grof naar fijn, de ontwerpexercities, zijn diverse ontwikkelingsmethodieken beschikbaar. Een aantal hiervan beschrijven we in deel 3 van deze Leidraad. Het werken van abstract naar concreet geeft men vaak weer in een V-model (figuur 18, pag 46). Linksboven in de V start men abstract, waarbij naar beneden toe de concrete oplossingen worden gespecificeerd. De opgaande lijn van de V geeft vervolgens het (bottom-up) realiseren van de gekozen oplossingen weer tot een systeem dat aan de klantvraag voldoet.

Expliciet werken

Tijdens de levenscyclus van systemen vindt er regelmatig overdracht plaats tussen verschillende teams die aan hetzelfde systeem werken. Ook werken verschillende teams, soms op verschillende locaties, tegelijkertijd aan hetzelfde systeem. Dat vraagt om het helder en eenduidig vastleggen van de informatie door de verschillende teams. Dit maakt keuzes en informatie overdraagbaar. Belangrijke ondersteunende processen daarbij zijn verificatie en validatie. Deze begrippen definieerden we in versie 2 van de Leidraad nog als duo – V&V –, in deze Leidraad hanteren we voor beide begrippen eigen definities. Verificatie toont aan dat een oplossing objectief en expliciet voldoet aan de eisen. Validatie toont aan dat een oplossing geschikt is voor het beoogd gebruik. Dat neemt niet weg dat deze activiteiten soms binnen één document beschreven worden zoals het V&V-managementplan, waardoor de afkorting V&V blijft bestaan.



Deel 2

De organisatie

Ingericht zijn op SE

SE hoort niet bij één persoon of één afdeling; het raakt de hele organisatie en daarmee alle processen en afdelingen. Vandaar dat dit deel van de Leidraad ingaat op de zaken die binnen organisaties geregeld kunnen worden en die bijdragen aan succesvolle toepassing van SE. Overigens is de invoering van SE bij de meeste bedrijven een proces van jaren. Dit dient integraal opgepakt te worden, met aandacht voor processen, procedures, hulpmiddelen, kennis en cultuur.

Dit deel start met een interview met zes managers van de zes partijen van het 4-partijen-overleg (ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, NLingenieurs, Vereniging van Waterbouwers en Uneto-VNI) (2.1). Zij vertellen over hun ervaringen met SE in de afgelopen jaren en schetsen wat er binnen en tussen de organisaties is veranderd in de samenwerking. Daarbij leverden deze groep mensen en het 4-partijenoverleg input voor de aanbevelingen die vervolgens worden beschreven (2.2). Deze geven tips voor een krachtige in- dan wel uitvoering van SE. Ook komen de valkuilen bij de implementatie van SE aan bod en wordt benoemd wat wél effectief is.

Vervolgens besteden we aandacht aan de borging van SE-processen met een kwaliteitssysteem (2.3). Een succesvolle toepassing van SE zorgt voor een nieuwe werkwijze en vraagt om medewerkers met bepaalde kennis en competenties. Sectorbreed bestaat er erkenning voor het feit dat aandacht voor competenties op het vlak van houding en gedrag (soft skills) van belang is bij de verdere toepassing van SE (2.4). Vandaar dat we op basis van een gesprek met hoogleraar Peter Storm tien belangrijke competenties benoemen bij de toepassing van SE.

2.1 6 PARTIEN OVER EEN DECENNIUM SE IN DE GWW-SECTOR

"We passen het toe, omdat het werkt!"

De afgelopen jaren deed de GWW-sector ruime ervaring op met het toepassen van SE. Zodra de opdrachtgevers SE verkenden, kwamen opdrachtnemers met het voorstel om hierbij samen te werken. Hoe staat het er in 2013 voor? Nout: "SE is ingedaald, niemand stelt het meer ter discussie. De energie van mensen zit vooral op de vraag hoe we de toepassing kunnen versterken." Fries: "De Waterbouw haakte wat later aan, maar bij ons komt het ook op stoom. Bij Ruimte voor de Rivier speelt SE bij alle projecten een rol. De vraag 'Wat heb je aan SE?', die hoor je gewoon niet meer." Kees: "En doordat we zelf de voordelen van SE constateren, passen we het gewoon toe. Ook als de opdrachtgever er niet om vraagt."

Door: Miranda van Ark

Aan tafel:

Fries Heinis, directeur Vereniging van Waterbouwers

Hans Moll, directeur Strukton Engineering

Kees Smit, directievoorzitter Croon Elektrotechniek

Naut Verhoeven, manager Railtechniek ProRail

Richard Pater, directeur Railinfra Solutions

Ron Beem, SE-coördinator Rijkswaterstaat

Met één treffend beeld schetst Kees de marktsituatie bij de invoering van SE, met een splinternieuwe ISO 15288. "Een opdrachtnemer waar we aan de slag gingen, richtte twee kantoor-tjes in. Inclusief papiertjes op de deuren. Op het ene stond 'project', op het andere 'SE'. Ik zag de betrokken SE'er drie slagen grijzer worden. Dat is precies hoe je het níét wilt. SE is onderdeel van je project. Altijd. Gelukkig zit dat inmiddels wel tussen de oren". Richard: "De keuze voor andere contractvormen vraagt om een andere rol van alle betrokken partijen. SE is het middel dat daarbij helpt. Het dwingt partijen om te bedenken wat daadwerkelijk belangrijk is voor het project."

Aan de voorkant de tijd nemen om zaken door te denken

Gevraagd naar de belangrijkste winstpunten van SE, noemt men direct duurzaamheid en faalkostenreductie. Dit vanuit de overtuiging dat vóóraf goed nadenken bij complexe projecten problemen verderop in het traject voorkomt. First-time-right bouwen. Fries: "Dat is de motivatie bij de waterbouwers om met SE aan de slag te gaan. Daar zie je dat soms nog wat zendingswerk nodig is omdat sommige directies zeggen: je moet gewoon je werk uitvoeren. Maar men raakt er steeds meer van overtuigd dat het van belang is aan de voorkant de tijd te nemen om zaken te doordenken". Hans: "Bij Avenue2 kwamen we de eerste anderhalf jaar niet buiten. Dat bleek een gouden zet. We doordachten het hele project integraal en daarvoor loopt het voorspoedig. Want buiten geef je dan wel het meeste geld uit, maar in het voortraject leg je de basis. Voor je falen of voor je succes."

Samenhang in de keten

Bij de toepassing van SE is het belangrijk om vanaf het eerste moment de keten op het netvlies te hebben en daarnaar te handelen. Fries: "Dat betekent dat je bijtijds de installateurs betreft, omdat het werken in samenhang de faalkosten vermindert." En daarmee geeft SE de installatietechniek een lang gewenst platform. Kees: "Door SE raken we vroeger betrokken en kunnen we meedenken over het systeem. Terwijl we uit een situatie komen waar we als onderaannemer onze plek moesten bevechten. Een mooi voorbeeld daarvan is de 2de Coentunnel, waar de tunnel al was aangelegd op het moment dat wij net het definitief ontwerp hadden afgerond. Dat gaf wel enige spanning, ja... Maar dat gaat inmiddels veel beter, we erkennen van elkaar waar de behoeften liggen en welke informatie je elkaar op welk moment wilt geven, zodat je verder kunt."

Blik verbreden naar het hele systeem

De nieuwe contractvormen zorgen ervoor dat de betrokken partijen hun blik verbreden naar het hele systeem en meer willen weten én begrijpen van de andere betrokken disciplines. Richard: "Het besef dat we allemaal een klein stukje van die keten zijn, dat is het belangrijkste besef. Dat maakt naast samenwerken ook samen leren van belang. Dat we oordeelvrij tegenover elkaar zitten in deze systematiek." Kees: "Precies, en dan ligt daar ook de taak dat respectvol te doen. Want we komen uit een verticale hiërarchie, terwijl we het nu meer en meer met elkaar doen. Daar hebben we nog wel een weg in te gaan." Hans: "Dat is zeker waar, maar de wil is er en daar begint het mee, je moet ervoor willen gaan."





Hans Moll - directeur Strukton Engineering:

“We doordachten het hele project integraal en daardoor loopt het voorspoedig. Want buiten geef je dan wel het meeste geld uit, maar in het voortraject leg je de basis. Voor je falen of voor je succes.”

Polderend SE'en: kleine stapjes, maar wél samen

Versterkend voor het ketendenken is dat de toepassing van SE vanaf het begin op z'n 'Hollands' plaatsvindt. Polderend dus. Toen in 2005 zowel ProRail als Rijkswaterstaat SE op de agenda zette, waren het de opdrachtnemers die dit aankaartten. Ron: “Ze vroegen ons om samen aan tafel te gaan. Dat leek ons een goed idee en we vonden het verstandig als de bouwers en ingenieursbureaus dan ook aanschoven. Wat later sloten de waterbouwers en installatiebureaus aan. Zo konden we echt samen inzetten op de toepassing.” Nout: “Dat dat niet gebruikelijk is, merken we in 2006 op een internationaal INCOSE-congres. Daar hoorden we dat in sommige landen opdrachtgevers het gewoon verplicht stellen met de gedachte ‘we zien wel waar het schip strandt’. Wij krijgen als Nederland complimenten omdat we SE gemeenschappelijk en ‘polderend’ invoeren. Kleine stapjes zetten, maar wel samen.”

Bij elke contractvorm en alleen als het zinvol is

Op de vraag of SE toepasbaar is bij alle contractvormen antwoorden de mannen unaniem ‘ja’. Een ‘ja’ dat ze vervolgens voorzien van de aanscherping dat de toepassing wel zinnig dient te zijn. Fries: “Overweeg altijd of het, gezien de complexiteit, relevant is voor dat specifieke project.” Daarbij kan SE soms bij eenvoudige aanpassingen toch procedureel noodzakelijk zijn. Wanneer bij een overweg een sein wordt verplaatst, dient ook na twintig jaar later nog helder te zijn waarom die keuze is gemaakt. Richard: “Voor een duikertje ligt dat anders. Een loonwerker legt zo’n duiker voor de prijs waar een gemiddeld ingenieursbureau net z’n offerte voor maakt. En daar hoef je niet alle SE-middelen voor in te zetten.”

Vanuit praktijk én ervaring vertellen over de meerwaarde van SE

De projectmanagers en -directeuren spelen een belangrijke rol bij de invoering van SE. Zij richten het project in en kunnen SE vanaf het begin een rol geven. Richard: “SE biedt die projectmanager volop kansen om zijn project binnen de tijd en naar tevredenheid van de klant op te leveren. Hij zet het niet in omdat anderen het roepen, maar omdat met SE de kans wel héél groot is dat hij zijn planning haalt, binnen budget blijft en een tevreden klant heeft.” Kees: “En dan is het ook goed om de projectmanager die het heeft ervaren een podium te geven. Dat hebben we onlangs bij een project gedaan. Daar riepen we vanaf het begin dat het project niet integraal genoeg verliep. Toch werd doorgegaan op de ingeslagen weg, en wat viel te verwachten gebeurde inderdaad... de opdrachtgever keurde alles af. We pasten

de zaken aan, met een projectmanager die SE toepaste. Zo'n man laat zien hoe het ook kan. En die kun je vervolgens een toneel geven. Zo iemand kan vanuit de praktijk én de ervaring vertellen welke voordelen de methode biedt."

Contracten lossen geen problemen op, dat doen de mensen

Competenties op het vlak van houding en gedrag – zogenaamde soft skills – werden in een SE-managementsessie door ruim 30 managers benoemd als belangrijkste ontwikkelpunt van SE. Omdat juist deze competenties bijdragen aan het verhelderen van en verbinden op de inhoud. Doorvragen tot je de klantvraag helder hebt, expliciet werken, creatief én abstract kunnen denken en open communiceren, om er een paar te noemen. Nout: "Je wilt complexe inhoud verbinden met de klantwens. Dat vergt behoorlijk wat. Contracten lossen daarbij geen problemen op, dat doen mensen. En dat vraagt om samenwerken en elkaar

Ron Beem - SE-coördinator Rijkswaterstaat:

"SE gaat uit van het systeem, maar ook van het proces dat je nodig hebt om het systeem te maken."



Fries Heinis - directeur Vereniging van Waterbouwers:

"We kunnen nog veel beter stilstaan bij wat we hebben geleerd en onze successen vieren. Daar moet je binnen je bedrijf wel ruimte voor creëren."

willen begrijpen" Richard: "Als je steeds met elkaar bespreekt: 'Wat is jouw belang, wat is mijn belang? Waarom wil je dat weten?' dan kom je er echt uit. Dat vraagt begrip voor de inhoud én voor de situatie waar de ander in zit."

Op voorhand nadenken zodat je de ander goed kunt informeren

Een discussie tussen Kees en Hans illustreert dit belang van begrip hebben voor elkaars situatie. Kees: "Als ik snap wat het probleem van de ander is kan ik 'm helpen het op te lossen. Wij denken bijvoorbeeld na over hoe we meer dan vijftig systemen gaan integreren op een hoog abstractieniveau. Dan komt de aannemer met de vraag of ik de sparing op wil geven, want die willen ze op de tekening zetten. Vroeger zouden we zeggen: 'Doe maar drie keer groter dan normaal, dan is het altijd goed en u hoort nog van ons.' Maar als je snapt dat civiel door wil, ga je op voorhand nadenken. Zodat je wat verstandigs kunt roepen." Hans: "Je gaat dus onmiddellijk weer op inhoud ontwikkelen om op voldoende abstractieniveau op elkaar te kunnen aansluiten."



Misschien weet je nog niet precies waar bijvoorbeeld de portalen komen te staan, maar als jij kunt zeggen hier plus of min tien meter, dan kunnen wij die dingen alvast slaan." Kees: "En wanneer jij zegt 'daar heb ik voorlopig even voldoende aan', dan kunnen wij verder."

Van elkaar leren, juist in de praktijk

Doordat partijen eerder of later startten met de toepassing van SE bestaat er verschil tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en grote en kleine spelers. Hans: "De grotere organisaties pakken het vaak eerder op. De kleinere partijen gaan daarin mee als ze in die markt willen opereren en willen bijdragen aan het aan elkaar knopen van de keten." Fries: "Daarbij zie ik organisaties in de praktijk veel leren van elkaar. In projecten kunnen de kleinere partijen veel opsteken van bedrijven die SE al langer toepassen, en dat doen ze ook. Een zeer positieve ontwikkeling."

Richard Pater - directeur Railinfra Solutions :

"Als je steeds met elkaar bespreekt: 'Wat is jouw belang, wat is mijn belang? Waarom wil je dat weten?' dan kom je er echt uit."



Nout Verhoeven - manager Railtechniek ProRail:

"Wij krijgen als Nederland internationaal gezien complimenten omdat we SE gemeenschappelijk invoeren."

Successen vieren en leereffect van stille krachten zien

Het lerend vermogen kan nog flink vergroot worden in de sector, meent men unaniem. Bijvoorbeeld door hergebruik van de kennis die in de infraprojecten wordt opgedaan. Kennis binnen het bedrijf, maar ook de kennis die ingehuurd partijen meebrengen. Fries: "We kunnen nog veel beter stilstaan bij wat we hebben geleerd en onze successen vieren. Daar moet je binnen je bedrijf wel ruimte voor creëren. Maar dat vindt men vaak niet boeiend, want men is alweer met het volgende project bezig." Nout: "Daarbij is het goed om juist de stille krachten te zien. Sommige mensen maken eerst een zootje van een project en werken zich vervolgens een slag in de rondte om het goed te maken. Die mensen vragen we vervolgens hoe ze het probleem hebben opgelost. Maar de mensen die doordacht te werk gaan, hun project al aan de voorkant goed inrichten, die vallen vaak veel minder op. We zouden meer mogen focussen op het leereffect van die stille krachten, de mensen die vanaf het begin zorgen dat hun project op rolletjes loopt."



Systemen bouwen vanuit een bibliotheek vol componenten

Tijdens het gesprek komt de vraag bovendrijven of de projectmanager de chirurg in de operatiekamer is of degene die aan de assemblagelijnen standaardproducten in elkaar zet. Ron: "Ik denk dat het elementen van beide heeft. Hij heeft een stuk vrijheid nodig om zaken zelf in te richten, maar SE helpt ook om meer met standaardmodules te werken." Hans: "Dat spreekt mij erg aan. De gedachte dat de projectmanager iemand is die componenten bij elkaar zet en er één geheel van maakt, oftewel: een systeem bouwt. Wij zijn heel bewust bezig om standaardelementen in te voeren. Dus niet overal een unieke benadering met slimme consultants die eigen ICT-middeltjes inzetten. Daar moeten we mee stoppen: we gaan industrieel werken."

Kees: "Wij bouwen momenteel een bibliotheek met typicals. Als je decomponeert kom je uiteindelijk op een aantal standaardzaken uit. Als je die terugvindbaar opbergt in een bibliotheek, kun je daar in volgende projecten gebruik van maken."

BIM en Lean als logische ondersteuning bij SE

Een BIM biedt waardevolle ondersteuning bij het toepassen van SE, menen de aanwezigen. Nout: "Het is een volgende bouwsteen waarmee we SE verder aanscherpen." Richard: "Het is echter ondersteunend bij SE, het is niet dé oplossing." Hans: "Met name bij de standaardisatie, als je toe werkt naar een industriële manier van werken, heb je deze systematiek nodig om alles met elkaar te verbinden." Ook de toepassing van Lean kan voor goede synergie met SE zorgen. Ron: "Lean gaat heel erg uit van het proces.

Kees Smit - directievoorzitter Croon Elektrotechniek:

"We erkennen van elkaar waar de behoeften liggen en welke informatie je elkaar op welk moment moet geven, zodat je verder kunt."

SE gaat uit van het systeem, maar ook van het proces dat je nodig hebt om het systeem te maken. Dat zijn werelden die SE'ers dus beide in hun hoofd hebben." Betekent dat dat SE Lean kan worden toegepast? Nout: "Wat je doet is aan de klant vragen welke waarde hij wil hebben. Dat doorvragen en continu expliciet maken wat je aan het doen bent, daar zit de verbinding. En tussendoor haal je dan nog de nodige inefficiëntie uit je processen."

Straks praten we niet meer over SE...

Terwijl SE nog volop in ontwikkeling is, denken de mannen aan tafel al vooruit. Over een tijdje is SE volledig ingebed in de werkwijze en bedrijfsprocessen, zo verwachten ze. Nout: "Het zal nog tussen de vijf en tien jaar duren, maar dan is SE gewoon opgenomen in de best practices van projectmanagement." Hans: "Er komt een moment dat we niet meer over SE praten. Tegen die tijd weten we niet beter dan dat we het systeem als uitgangspunt nemen en daarbij integraal samenwerken in de keten."



2.2 AANBEVELINGEN EN VALKUILEN BIJ DE INVOERING VAN SE

Voor een succesvolle in- en uitvoering van SE dient elke organisatie de methodiek te vertalen naar concrete toepassing. Hoe die slag plaatsvindt, is uiteraard afhankelijk van het bedrijf en de bedrijfsprocessen. We doen graag enkele aanbevelingen die de toepassing van SE kunnen ondersteunen en versnellen. Ook geven we een aantal valkuilen bij de omslag naar SE en beschrijven daarbij hoe deze omslag wél effectief kan plaatsvinden.

De aanbevelingen

Zet SE op de managementagenda en toon enthousiasme.

Betrokkenheid en geloof in SE door het management zijn essentieel voor het succesvol inbedden van deze werkwijze in de organisatie. Zet SE op de managementagenda en zorg dat medewerkers zien dat de managers ook achter de werkwijze staan. Het gaat niet alleen om de kick-off, de implementatie van SE dient lange tijd op de agenda te staan.

Toon de meerwaarde die SE biedt.

Toon met praktijkvoorbeelden wat SE kan opleveren. Bijvoorbeeld grotere klanttevredenheid, verbetering van efficiëntie, meer grip op complexe projecten en helderheid in de samenwerking tussen partijen. Eén treffend voorbeeld is vaak overtuigender dan een uitgebreid document. Daarbij is het goed om de voordelen die op projectniveau optreden te schetsen en daarnaast te tonen welke meerwaarde SE de individuele projectmedewerker biedt.

Laat wie het heeft ervaren de voordelen vertellen; creëer rolmodellen.

'Wie eenmaal SE heeft toegepast, wil niet meer anders,' is een veelgehoorde uitspraak. Toch wil je juist de mensen die de stap naar SE nog gaan zetten, overtuigen van de meerwaarde. Het verhaal laten vertellen door ervaringsdeskundigen komt dan het dichtst in de buurt van een eigen ervaring. Creëer rolmodellen in de organisatie en laat hen anderen inspireren met hun SE-ervaring.

Weet en draag uit dat SE de hele organisatie raakt.

De integraliteit van SE gaat verder dan het samenwerken tussen verschillende disciplines en bedrijven. Het vraagt ook om samenwerking binnen deze organisaties. De term 'Systems Engineering' kan ervoor zorgen dat mensen denken dat SE alleen de engineering-afdeling betreft. SE is echter niet voorbehouden aan enkele specialisten, het is een werkwijze die de hele organisatie raakt. Betrek daarom die hele organisatie en borg SE in de processen. Zorg dat mensen weten dat en waarom er voor het toepassen van SE wordt gekozen. Maak duidelijk het statement: dit is onze manier van werken en om deze reden doen we het.

Borg de geleerde lessen.

Leer van successen en uitdagingen. Voorkom dat gemaakte fouten zich kunnen herhalen, zodat je slechts één keer leergeld betaalt. En nog belangrijker: vertaal de positieve ervaringen door naar nieuwe projecten en naar de bedrijfsprocessen. Voorkom daarbij dat elke organisatie of afdeling opnieuw het wiel uitvindt. Binnen bedrijven en branches en over de bedrijfs- en branchegrenzen heen kan veel van elkaar geleerd worden. Door te vertellen wat er mis kan gaan, en door best practices te delen.

Beschrijf vanuit de projecten de competenties die nodig zijn.

Binnen de projecten weet men welke competenties er nodig zijn. Zowel als het gaat om de technische competenties als de soft skills. Breng die in beeld voor het project en vervolgens bij HRM, zodat deze afdeling de juiste mensen kan aantrekken en hierop kan inzetten met trainingen.

Geef medewerkers ruimte en tijd voor opleiding en ontwikkeling.

Wanneer projectmanagers en -medewerkers met SE aan de slag gaan, is het goed dat ze weten wat er van ze wordt verwacht. Bied dus ruimte voor cursussen die SE zowel in theorie als praktijk behandelen. Daarbij bestaat de perfecte SE-opleiding niet. Geef mensen binnen de organisatie ook de ruimte om van elkaar te leren. Stimuleer dat afdelingen bij elkaar in de keuken kijken. Als medewerkers de kans krijgen zichzelf te ontwikkelen, verkort dat de doorlooptijd die nodig is om SE als werkwijze te integreren. Op www.leidraadse.nl staan relevante publicaties en informatie over Systems Engineering-cursussen.

Stimuleer mensen om ervaringen uit te wisselen.

Zorg dat mensen die met SE aan de slag zijn hun ervaringen delen met anderen. Dat kan binnen de organisatie gebeuren, maar mensen kunnen ook sparringpartners zoeken bij andere bedrijven of buiten de sector. Zoek naar samenhang en zoek breed verbinding.

Implementeer duidelijk afgebakende producten.

Het helpt mensen als ze ervaring opdoen met concrete SE-producten. Vraag daarom bij elk project om bijvoorbeeld een systeemspecificatie, risicomatrix, V&V-managementplan of Klant Eisen Specificatie. Dat zorgt het eerste halfjaar waarschijnlijk voor verschillende kwaliteitsniveaus van het product, maar dat middelt zich gedurende het leerproces uit. De inzet van best practices en toetskaders werkt daarbij ondersteunend.

Zet klanten in bij het aantonen van successen.

Niets is zo overtuigend als een tevreden klant. Laat daarom de klanten vertellen wat zij aan de toepassing van SE hebben gehad. De uitgave 'SE gaat voor de baat' van ProRail toont hiervan bijvoorbeeld zeven treffende voorbeelden (zie www.leidraadse.nl).

Zie het ontwerp als één geheel.

Door te investeren in het voortraject – en de gebruiker centraal te stellen – verloopt het hele traject beter en sneller. Kijk daarbij naar het geheel en niet enkel naar de onderdelen. Betrek daarin ook de omgeving van het systeem, en de verschillende invalshoeken, waaronder bijvoorbeeld de bedieningsprocedures. Richt je organisatie zo in dat deze ondersteunend is aan deze integrale werkwijze.

Erken dat er verschillende SE-rollen zijn.

SE hoort niet bij een persoon, maar vraagt activiteiten van verschillende rollen binnen een organisatie. Daarbij bestaan er diverse SE-rollen, afhankelijk van de fase waarin een project zich bevindt. Een werkgroep van de Nederlandse afdeling van INCOSE (SIG GWW) publiceerde een artikel over de SE-rollen gezien vanuit de GWW-sector in Nederland (Systems Engineering: rollen en competenties).

Nog geen ervaring? Start met een pilotproject.

Wie écht de voordelen van SE wil ondervinden doet er goed aan er in minimaal één project volledig voor te gaan. Zo'n pilotproject waarin volledig volgens de SE-aanpak

wordt gewerkt, toont SE in al zijn facetten. Zet op dit project mensen in die overtuigd zijn van de mogelijkheden die de werkwijze biedt en zorg voor begeleiding door professionals die ruime ervaring met de toepassing van SE hebben. Dit om onnodig slechte ervaringen en onnodig lesgeld te voorkomen. Het kan echter ook geen kwaad om elementen of producten van SE stapsgewijs in meerdere, of zelfs alle projecten ineens te integreren.

De valkuilen

Hieronder enkele valkuilen bij de invoering van SE, met een beschrijving van wat wél effectief is bij een omslag naar de SE-werkwijze.

Valkuil: Onduidelijk zijn over het waarom van de invoering van SE. Bijvoorbeeld door een boodschap te verkondigen als: 'Het is nu eenmaal een ontwikkeling in de sector waar we niet omheen kunnen.'

Wel effectief: Duidelijke en haalbare doelen stellen die onderbouwen waarom SE wordt ingevoerd. Dat vraagt erom dat zaken meetbaar worden gemaakt. De opdrachtgever wil bijvoorbeeld op 90% van de projecten een ruime voldoende op de Klant Eisen Specificatie scoren. Opdrachtnemers kunnen ernaar streven het rework op projecten met 5% naar beneden te brengen. Dit pleit voor het vergelijkbaar maken van projecten.

Valkuil: SE zien als een specialisme en er een apart deelproject van maken. Dit bijvoorbeeld door inhoudelijke experts de lead te geven bij de implementatie. Dit vergroot de kans op een overmatig inhoudelijke benadering en spanning tussen de SE-manager en bijvoorbeeld de contractmanager.

Wel effectief: SE is een werkwijze. Daarmee hoort het ook niet bij één persoon, maar bij de hele organisatie.

Valkuil: De verkeerde competenties belonen, zoals: improviseren, bluffen en het kortetermijnresultaat vooropstellen.

Wel effectief: Benoem en beloon de gewenste competenties, zoals: vooruitdenken, scenario's maken, iteratief plannen en doorvragen. Het belangrijkste hierin: geef als manager het goede voorbeeld.

Valkuil: Invoeren van SE via een project en daarbij denken dat de gebruikelijke projectorganisatie dit kan.

Wel effectief: De omslag zien als een organisatiebrede verandering. Daarbij een organisatiebrede en project-specifieke implementatie stimuleren. Met SE kan niet vroeg genoeg worden begonnen. Het vraagt daarbij meer investering in de voorbereiding dan bij een conventionele planning gebruikelijk is. Dit verdient zich later terug.

Valkuil: Te veel focussen op één aspect van SE en daarmee ontkennen of onderschatten dat SE een flinke verandering met zich meebrengt.

Wel effectief: Zien dat SE drie cruciale omwentelingen vraagt in de organisatie:

- Van oplossingsdenken naar functiedenken
- Van denken vanuit een losstaand object naar denken in een integraal systeem.
- Van denken vanuit verschillende partijen, naar ketendenken.

Omdat deze stappen nauw zijn verweven, dienen ze tegelijkertijd plaats te vinden. Daarbij vraagt het niet alleen om het aanleren van nieuwe denkwijzen maar ook om het delen van specialistische kennis. Voor sommigen is dat een opgave omdat ze hiermee hun 'machtsbasis' verliezen.

Valkuil: Denken dat SE invoeren gratis kan. Geen diepte-investering willen doen en 'afwachten tot het niet anders kan'.

Wel effectief: Besef dat je – in tijd en geld – ruimte dient te geven voor de invoering van SE. Investeer in continuïteit en duurzaamheid, door het opbouwen van een kennis-database, en het trainen van medewerkers. Uiteindelijk levert het toepassen van SE een efficiëntieslag op en biedt zo meerwaarde voor de klant.

2.3 AANDACHT VOOR SE-PROCESSEN

Voor het invoeren van SE is het nodig dat organisaties een aantal zaken regelen binnen het bedrijf. Zo dienen ze het kwaliteitssysteem en de daarin opgenomen procedures af te stemmen op de SE-werkwijze. Veel van huidige kwaliteitssystemen zijn nu opgezet conform de ISO 9001 en vaak ook daarop gecertificeerd. In aanvulling hierop kan de ISO 15288 aanknopingspunten bieden om binnen het kwaliteitssysteem invulling te geven aan de SE-werkwijze.

ISO 15288

De ISO 15288, Systems and software engineering – system life cycle processes, wil geen uniformiteit in de toepassing van SE afdwingen, maar is richtinggevend. Het geeft een raamwerk waarbinnen men de beschreven processen in onderlinge samenhang vorm kan geven. Iedere organisatie kan daarbij een invulling kiezen die past bij de eigen organisatie. Hierna volgen enkele belangrijke aandachtspunten bij het inrichten van het kwaliteitssysteem.

Heldere en eenduidige rolbeschrijvingen

De verschillende rollen en daarbij behorende taken en bevoegdheden dienen te worden vastgelegd in rolbeschrijvingen. Dit om duidelijkheid te scheppen in de verschillende rollen, bevoegdheden en verantwoordelijkheden binnen de projectorganisatie. Het is daarbij waardevol om vast te leggen welke competenties passen bij de diverse rollen. Met deze rolbeschrijvingen kunnen competenties gericht worden ingezet binnen projecten. Wanneer rollen niet ingevuld kunnen worden, kan het

personeelsbeleid hier gericht op inhaken bij het zoeken naar de juiste medewerkers. Hieraan gekoppeld kan in het kwaliteitssysteem ook een standaard opzet van de projectorganisatiestructuur worden opgenomen, waarbinnen deze rollen opereren.

Passend bij de bestaande middelen en programma's

Binnen projectorganisaties worden verschillende hulpmiddelen gehanteerd voor bijvoorbeeld eisenmanagement, documentmanagement en financieel management. De procesbeschrijvingen in het kwaliteitssysteem moeten passen binnen de mogelijkheden die deze systemen bieden. Het is verstandig om aanpassingen in het kwaliteitssysteem te toetsen aan de systemen waarin deze processen plaatsvinden. Ook is het waardevol de samenhang tussen de verschillende systemen in het kwaliteitssysteem op te nemen.

Gericht op continue verbetering

In 1.3 haalden we al de ISO 15504 aan, die gebruikt kan worden om de processen te toetsen. Deze norm kan ook als toetsmiddel werken om te checken of de ISO 15288 goed is geïmplementeerd. Door regelmatig de processen te toetsen aan de hand van de ISO 15504 kan stap voor stap worden toegewerkt naar het gewenste volwassenheidsniveau. Houd er daarbij rekening mee dat mensen in de praktijk met het kwaliteitssysteem werken. Het is daarom belangrijk dat de medewerkers de inhoud kennen en het belang van toepassen erkennen. Daarnaast dienen de verbetering in het proces en de snelheid van de verandering te passen bij de organisatie.



2.4 HOUDING EN GEDRAG

Aandacht voor soft skills essentieel bij toepassing SE

Aandacht voor houding en gedrag – ook wel soft skills genoemd – is van essentieel belang bij de verdere implementatie van SE. Dit draagt bij aan snellere en beter onderbouwde besluitvorming, betere informatievoorziening en minder conflicten tussen partijen. Het 4-partijenoverleg benoemt aandacht voor houding en gedrag dan ook als een leidend principe. Een verandering doorvoeren vraagt naast tijd en kennis ook om het ontwikkelen van nieuwe gewoontes en het ontdekken en inzetten van andere competenties. Hierna beschrijven we het belang van houding en gedrag, noemen we tien relevante competenties en leggen we uit hoe deze versterkt kunnen worden. Ook besteden we aandacht aan de inzet van deze competenties binnen teams en binnen projecten.

10 belangrijke competenties bij de toepassing van SE

- 1 **Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.** Dit zorgt dat zaken elkaar versterken en op elkaar aansluiten. Het maakt dat je mogelijkheden ziet en voorkomt dat je elkaar onnodig in de weg zit.
- 2 **Vooruitdenken, scenario's ontwikkelen en toetsen.** Denk vooraf na over mogelijke scenario's. Risico-management is daarbij een belangrijk middel. Maak het daarom tot een integraal onderdeel van het werk.
- 3 **Reflecteren en daarbij 'hoe het werkelijk ging' vergelijken met de verwachtingen vooraf.** Breng daarbij de verschillende waarnemingen bij elkaar; mensen zien zaken immers verschillend. En niet onbelangrijk: maak successen én leermomenten zichtbaar en vier behaalde successen.
- 4 **Creatief denken en overleggen.** Dit helpt de verschillende waarnemingen en belevingen bijeenbrengen. Daarbij is het goed om ideeën te zien als ideeën en niet als oplossingen. Daarbij moeten uiteindelijk uiteraard wel keuzes worden gemaakt. Geef ruimte voor snelle verbeterlagen.
- 5 **Abstraheren en concretiseren afwisselen; variëren in afstand nemen en de details onderzoeken.** Oftewel: de grote lijnen vasthouden, met aandacht voor essentiële details. Door afstand te nemen, verandert de beleving. Functiedenken valt hier ook onder.
- 6 **Nieuwsgierig zijn en doorvragen.** Uiteraard omdat het meer informatie en inzicht oplevert. Daarnaast omdat het vaak verborgen gebied blootlegt, en bijvoorbeeld laat zien waar de ander mee worstelt. Bovendien maakt het duidelijk wat de achtergrond en de aard van de vraag, wens of eis is.
- 7 **Open overleggen.** Laat overbruggen het beïnvloedingsmiddel zijn. Niet-open overleggen kost energie en verhindert dat men de gezamenlijke waarde en win-winsituaties ziet.
- 8 **Aandacht voor conflicthantering.** Weten wat te doen als conflicten ontstaan en elkaars problemen kunnen onderkennen.
- 9 **Vooropstellen van het maatschappelijk en gezamenlijk belang, boven het eigen belang.** Dus bijvoorbeeld keuzes maken of zaken vastleggen die voor jezelf geen direct nut hebben, maar die wel relevant zijn voor de transparantie binnen het project en het reflectie- en leervermogen.
- 10 **Accuratesse en inzicht.** Gestructureerd werken volgens voorschrift en het proactief signaleren dat zaken niet kloppen en dit terugkoppelen naar de partij die dit kan aanpassen/oplossen.

Houding en gedrag

Onder houding en gedrag vallen alle vaardigheden die nodig zijn voor intermenselijk contact en zelfreflectie, oftewel de competenties die buiten de 'hard skills' vallen. En dat zijn er nogal wat. Of we nu kijken naar de rolbeschrijvingen in de IPMA-Competence baseline of de competenties die het Functiegebouw Rijk beschrijft; het merendeel van deze competenties betreft houding en gedrag. Terwijl het bij hard skills vooral gaat om kennis van procedures en methoden, oftewel het 'wat', gaat het bij houding en gedrag veel meer om de eigen interpretatie en het eigen inzicht, oftewel het 'hoe'. We schetsen hierna tien belangrijke competenties bij de toepassing van SE. We realiseren ons dat deze opsomming niet uitputtend is en willen ook zeker geen relevante competenties uitsluiten. Het is bedoeld als uitleg van en introductie op het onderwerp.

Competenties binnen de case

Het gegeven overzicht aan competenties is niet uitputtend. Wel is het een set van competenties die zeker van belang is bij het toepassen van SE. In de case in 3.2 zullen we nogmaals terugkomen op deze competenties. In elk van de zes fasen – verkenning, conceptfase, ontwikkeling en contractering, doorontwikkeling, uitvoering, onderhoud – geven we aan welke van de bovengenoemde tien competenties in deze fase een belangrijke rol spelen.

Competenties bij medewerkers herkennen en waar mogelijk versterken

Een manager herkent en versterkt de gewenste competenties bij medewerkers en in de organisatie door:

- Uit te dragen dat dit gedrag bijdraagt aan het realiseren van doelen.
- Dit gedrag zelf te laten zien, dus zelf deze competenties bewust in te zetten.
- Bij te houden hoe de competenties worden ingezet in het reguliere werken - bijvoorbeeld tijdens team-overleggen - en mensen of teams hierop feedback geven.
- Het selectiebeleid toe te spitsen op de gewenste competenties en hier al bij het aannemen van nieuwe medewerkers aandacht aan besteden.
- Aandacht te hebben voor de persoonlijke mogelijkheden (bandbreedte) van medewerkers, oftewel de mate te erkennen waarbinnen professionals een competentie kunnen inzetten, en mensen hierin niet te overvragen.
- Ruimte te bieden voor het versterken van de gewenste competenties met training, opleiding en intervisie.
- Kartrekkers de ruimte te bieden. Oftewel: mensen die energie willen steken in een bepaalde competentie, de ruimte geven de organisatie hiermee te inspireren.

Binnen het team en het project

Besteed ook binnen de teamsamenstelling en binnen het project aandacht aan de competenties op het vlak van houding en gedrag. Hieronder enkele suggesties:

- **Weeg competenties op het vlak van houding en gedrag mee in je teamsamenstelling.** Dit kan men invullen door bij de start van belangrijke tenders een team te testen. Aan zowel opdrachtnemers- als opdrachtgeverszijde kiest men ervoor om teams door te meten, zodat duidelijk is of de teamsamenstelling optimaal is.
- **Houd het team op niveau, óók als het gaat om competenties.** Tijdens de loop van een project vertrekt een deel van de mensen naar andere posities of een andere werkgever. Let bij vervanging van deze mensen niet alleen op de technische skills in hun profiel, maar ook op de competenties op het vlak van houding en gedrag. Let erop dat de nieuwkomer ook op competenties op het vlak van houding en gedrag een vergelijkbaar niveau heeft als degene die vertrekt. Zodat het team op niveau blijft.
- **Zoek aansluiting in de projectwerkwijzen.** Creëer binnen projecten samenhang tussen de verschillende projectwerkwijzen die de diverse partijen hanteren. Kijk daarbij bijvoorbeeld hoe ieder invulling geeft aan validatie, hoe frequent je rapporteert en hoe je je eisen definieert.

- **Houd regelmatig zeer open besprekingen.** In een optimale situatie zitten opdrachtgever en opdrachtnemer regelmatig om tafel voor een open gesprek. Daarbij is het contract dan wellicht de uiteindelijke basis, maar dit neemt niet weg dat partijen hier soms ook buiten moeten kunnen denken. Een opdracht is immers nooit honderd procent dichtgetimmerd; daar moeten partijen zich steeds van bewust zijn. En wanneer je zaken over het hoofd blijkt te hebben gezien, moet er ruimte zijn om dat samen te erkennen. Zet bij een open bespreking niet alleen de technische zaken op de agenda maar kijk ook hoe op competenties wordt samengewerkt.

Tips voor open besprekingen:

- Duik niet direct in de oplossing.
- Spreek elkaar aan op zaken, voordat er daadwerkelijk een conflict ontstaat.
- Zet openheid op de agenda.

- **Investeer tijd en aandacht in je 'projectvocabulaire'**

Goed communiceren begint ermee dat partijen het over hetzelfde hebben en aan bepaalde begrippen ook dezelfde inhoud toekennen. Vandaar dat het goed is om bij de start van een project het taalgebruik en de definities vast te leggen en deze vervolgens tijdens de loop van het project te onderhouden.

- **Aandacht voor overdragen en doorvragen.** Ergens in het proces leg je een knip en draag je informatie over. Dat vraagt om heldere communicatie. Voor de opdrachtgever betekent dit overdragen, informatie meegeven en doorvragen of de informatie is begrepen, voor de

opdrachtnemer betekent het doorvragen en samenvatten. Dat geldt uiteraard ook voor de momenten dat de opdrachtnemer overdraagt aan onderaannemers.

- **Besteed ook tijdens de loop van een project aandacht aan competenties.** Wanneer een project eenmaal van start is gegaan, verdienen competenties blijvend aandacht. Bijvoorbeeld door het inzetten van een cultuurt team. Dit zijn mensen die door het hele project heen betrokken zijn, meekijken en zien wat er leeft binnen het project. Zodat helder blijft of het project op de goede weg zit en of er voldoende wordt gecommuniceerd.
- **Durf de bezetting te wisselen als dat nodig blijkt.** Wanneer tijdens de loop van een project blijkt dat partijen toch onvoldoende competenties weten in te zetten of elkaar niet goed vinden in de communicatie, wissel dan de bezetting van het project.

De kans om te veranderen

Voor het scheppen van een nieuwe cultuur is ruimte nodig. Een plek waar mensen de kans krijgen om te veranderen, waarbij ze mogen oefenen met nieuw gedrag en hierin worden aangemoedigd. Daarbij toonden we in 2.2 al de nodige valkuilen bij het implementeren van SE en beschreven daarbij hoe de omslag effectiever kan plaatsvinden. Verandering treedt niet op één vast moment op, het is een proces; mensen groeien in de nieuwe werkwijze en hun rol daarbinnen. Vandaar dat houding en gedrag blijvend om aandacht vragen. Het onderwerp dient dan ook langere tijd op de agenda te staan.

De rollen

Wereldwijd is er inmiddels nagedacht en geschreven over het vraagstuk welke rollen en bijbehorende competenties er nodig zijn in een (project)organisatie om succesvol projecten uit te voeren op basis van Systems Engineering. Navolgende papers zijn voorbeelden waarin hierover visies gegeven worden op zowel rollen als competenties:

- The Systems Approach (1967); G.A. Jenkins;
- Twelve Systems Engineering Roles (1996); S. Sheard;
- Ways of Identifying the Five Different Types of Systems Engineers (2009); J. Kasser et al.
- Engineering Systems Thinking: Cognitive Competencies of Successful Systems Engineers (2012); Moti Frank
De Nederlandse afdeling van INCOSE (SIG GWW) heeft, mede op basis van deze papers, een artikel gepubliceerd gezien vanuit de GWW-sector in Nederland (Systems Engineering: rollen en competenties).





Deel 3

Het project

Het systeem centraal

Systems Engineering bevat veel modellen, analyses en technieken. Deze willen we in dit deel van de Leidraad koppelen aan de praktijk, met een fictief voorbeeldproject. We beschrijven op hoofdlijnen de belangrijkste SE-processen en enkele ontwikkelmethodieken (3.1). De SE-processen worden tijdens de verschillende fasen van het project opnieuw – maar op ander detailniveau – doorlopen. Dit is de essentie van het iteratieve karakter van SE. De processen, zoals genoemd in de ISO 15288, zijn daarmee fase-onafhankelijk. In het voorbeeldproject 'Over de Poel' (3.2) is gekozen voor een opdeling in fasen die past bij de praktijksituatie van een GWW-project. Daarbij is er bewust voor gekozen om de sloopfase weg te laten. Dit om de case zo veel mogelijk te laten aansluiten bij een veelvoorkomende praktijksituatie.

Bij de case is in de gekleurde balk op de linkerzijde van de pagina's te lezen hoe een systeem zich ontwikkelt. Deze case is opgedeeld in zes delen: verkenning, conceptfase, ontwikkeling en contractering, doorontwikkeling, uitvoering en onderhoud. Binnen de tekst van de case staan codes die steeds verwijzen naar relevante SE-theorie. Deze theorie is rechts op de pagina's naast de case uitgewerkt.

De SE-processen vinden doorlopend plaats, vandaar dat in de hoofdstukken regelmatig wordt doorverwezen naar theorie die eerder of later in de case is opgenomen. Aan het einde van elk van de zes delen die de case bevat, staat welke competenties in dit deel van de systeemontwikkeling van belang zijn.

'Over de Poel' is een fictief project. Dit voorbeeld is niet dé norm voor of een standaard bij de toepassing van SE. We gebruiken de case enkel om de technieken, analyses en modellen van SE in een context te plaatsen. Dit verklaart ook waarom zich in dit project minder fouten voordoen dan in de dagelijkse praktijk. Bij andere systemen kunnen de technieken en producten verschillen of anders dan wel op andere momenten worden ingezet. En hoewel in de case is gekozen voor een relatief complex systeem, zijn de technieken en producten ook goed inzetbaar bij eenvoudiger projecten.

3.1 SE-PROCESSEN EN ONTWIKKELMETHODIEKEN

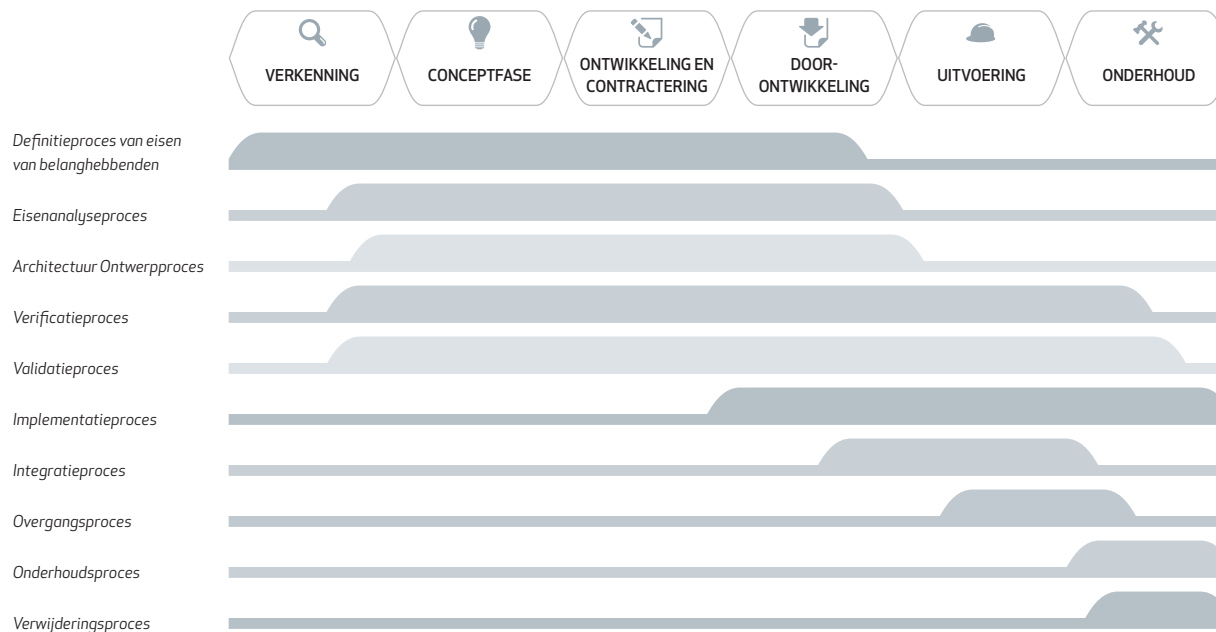
De casebeschrijving 'Over de Poel' in 3.2 beschrijft de toepassing van Systems Engineering binnen een fictief project. Daarbij komen de SE-processen in de verschillende fasen terug. In deze paragraaf worden de technische processen volgens de ISO 15288 toegelicht en gepositioneerd ten opzichte van de fasen. Deze technische processen zijn bedoeld om de eisen aan een systeem te bepalen en een effectief systeem te realiseren. Na een toelichting op de technische processen volgt hieronder een toelichting op een belangrijke SE-activiteit: het iteratief specificeren. Aansluitend worden enkele ontwikkelmethodieken beschreven.

Technische processen

Naast de bedrijfsprocessen en (ondersteunende) projectprocessen beschrijft de ISO 15288 de technische processen. Deze technische processen zijn:

Definitieproces van eisen van belanghebbenden – Het identificeren van de belanghebbenden of groepen van belanghebbenden, die betrokken zijn bij het systeem gedurende de levenscyclus, en hun behoeften en wensen (klanteisen).

Eisenanalyseproces – Wensen en behoeften van belanghebbenden worden vaak uitgedrukt in functies die het systeem gedurende de levenscyclus moet vervullen. Tijdens het eisenanalyseproces worden deze wensen en behoeften geanalyseerd en afgewogen om tot een set van eisen (systeemeisen) te komen.



Figuur 3 - Technische processen gedurende de fasen van een project

Architectuur Ontwerpproces – In dit proces worden verschillende alternatieven afgewogen om tot een oplossing te komen die voldoet aan de gestelde eisen.

Implementatieproces – Tijdens dit proces worden onderdelen van het systeem samengesteld.

Integratieproces – Het combineren van de onderdelen van het systeem om een product te creëren dat gespecificeerd is in de systeemeisen.

Verificatieproces – Het doel van dit proces is het vaststellen dat het systeem voldoet aan de gespecificeerde systeemeisen.

Overgangsproces – Hier wordt het systeem in werking gesteld. Hierdoor kan het systeem de functies gaan vervullen die in de klanteisen zijn gedefinieerd.

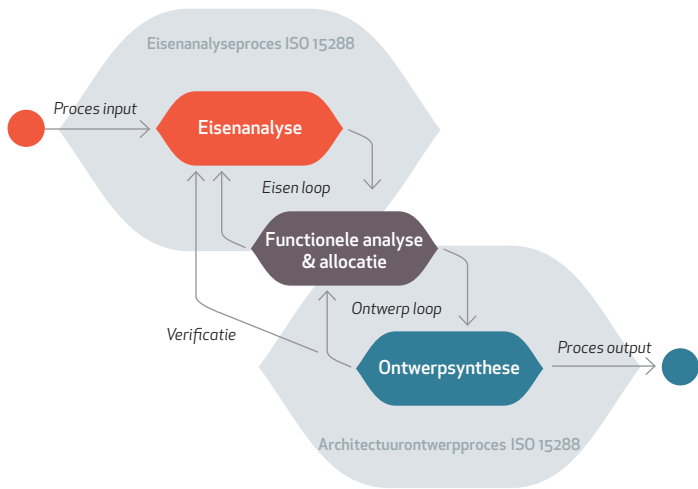
Validatieproces – Hier wordt een vergelijkende beoordeling uitgevoerd en bevestigd dat de klanteisen van de belanghebbenden correct zijn uitgewerkt.

Gebruiksproces – Bij dit proces wordt het systeem gebruikt.

Onderhoudsproces – Doel van het onderhoudsproces is het in stand houden van de functies van het systeem.

Verwijderingsproces – Sloop van het systeem en verwerking van alle afvalproducten en het terugbrengen van de omgeving in haar oorspronkelijke of een aanvaardbare toestand.

De genoemde SE-processen vinden niet eenmalig plaats, maar worden iteratief ingezet. In de opdeling in het



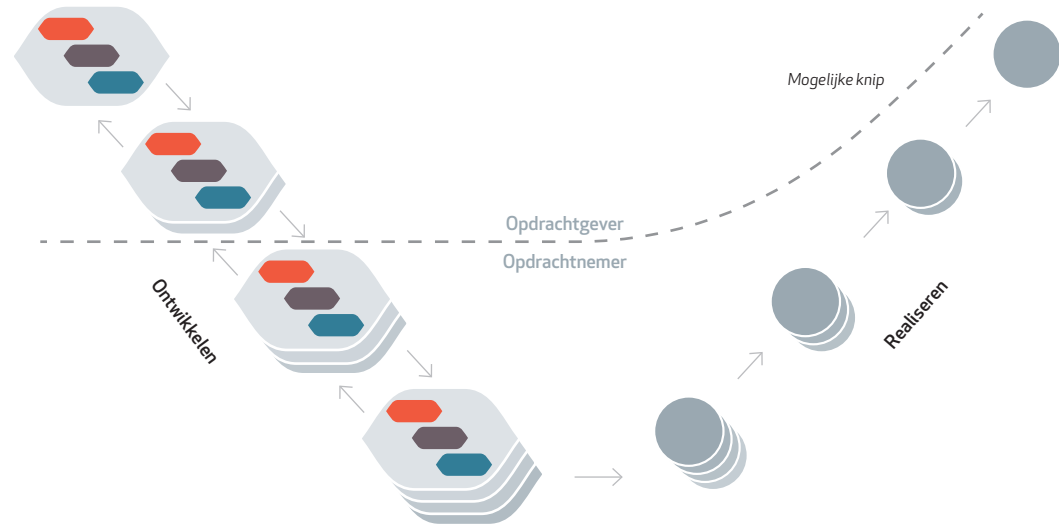
Figuur 4 - Het iteratieve karakter van specificeren

voorbeeldproject Over de Poel komen deze processen dan ook meerdere keren terug. Daar waar theorie later in het project beschreven wordt, wordt dit benoemd of wordt er vanuit de eerdere hoofdstukken doorverwezen naar deze relevante theorie. Verschillende processen vragen in bepaalde fasen een grotere inspanning dan in andere fasen. Dit is in figuur 3 grafisch weergegeven.

Naast de technische processen beschrijft de ISO 15288 ook andere processen, waaronder de projectprocessen: projectplanning, projectbeoordeling, projectbeheersing, besluitvorming, risicobeheersing, configuratiebeheer en informatiebeheer. Ook deze processen lopen door over de hele levenscyclus en dienen steeds aandacht te krijgen.

Iteratief Specificeren

Om in de klantbehoefte te voorzien, moet een systeem een aantal functies vervullen. Uit deze functies en de randvoorwaarden van de belanghebbenden volgen de systeemeisen. Binnen de gegeven oplossingsruimte zijn meerdere ontwerpkeuzes mogelijk om aan deze eisen te voldoen. De procesgang binnen SE gaat uit van een iteratie tussen functies, eisen en oplossingen. Door het vastleggen van eisen bepaal je binnen welke oplossingsruimte het systeem moet functioneren. Ontwerpkeuzes bepalen hoe het systeem die functies vervult en welke oplossingsruimte benut wordt. Dit leidt weer tot afgeleide functies en nadere eisen aan de verdere ontwikkeling van het systeem. Figuur 4 geeft dit iteratieve proces van specificeren weer.

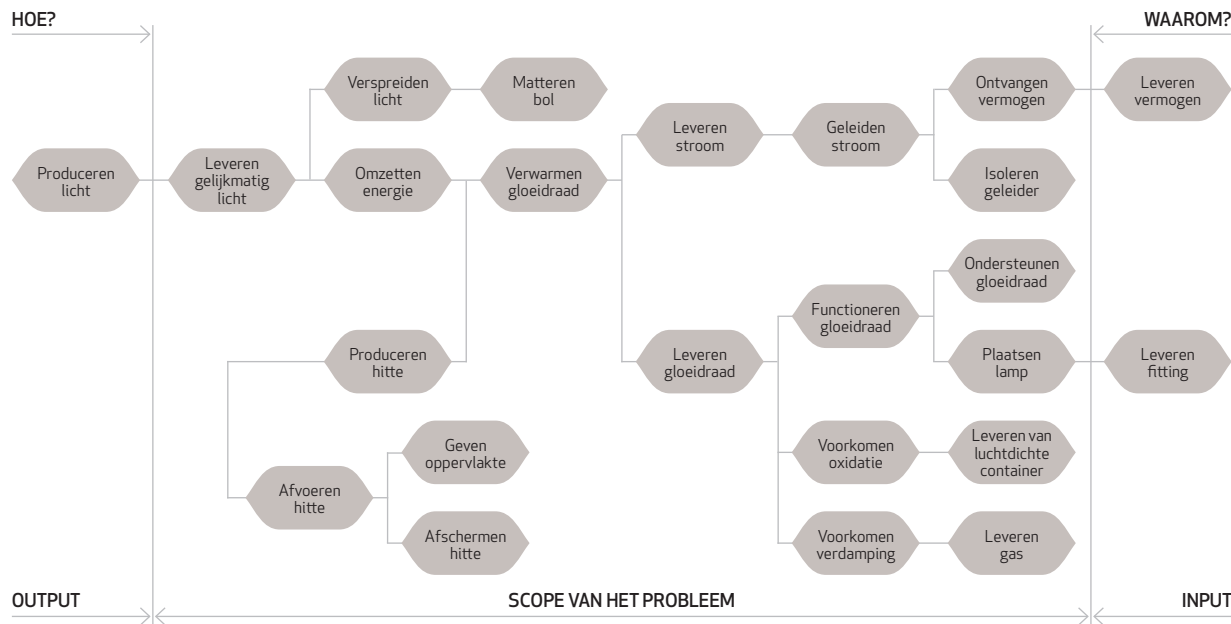


Figuur 5 - V-model met knip opdrachtgever-opdrachtnemer

Bij complexe systemen herhaalt het iteratieve proces van specificeren zich op meerdere detailniveaus. Het resultaat van het doorlopen van dit iteratieve proces, in samenhang met de overige processen (zoals verificatie en validatie), is een gespecificeerd systeem met daarbij eisen en ontwerp. Deze iteratieve stappen kunnen worden weergegeven in een V-model (zie ook figuur 18, pag. 46).

De context binnen de GWW-sector

Elk systeem kent een levenscyclus: het ontstaat, het wordt een tijdje gebruikt en vervolgens wordt het systeem gesloopt of vervangen. Veel systemen in de GWW-sector bestaan al een tijd en worden tijdens projecten enkel aangepast. Soms ontstaat er een nieuw systeem, dat



Figuur 6 - Een FAST-diagram van een gloeilamp

vervolgens moet passen in de context van een groter systeem, zoals het spoorwegennet. De levenscyclus in deze sector wordt vaak onderbroken door verschillende overdrachtsmomenten, bijvoorbeeld bij de oplevering of bij de overdracht van een onderhoudscontract. De hele levenscyclus wordt bijna nooit volledig door slechts één organisatie doorlopen. Dat is ook in het voorbeeldproject in 3.2 het geval. In deze case is gekozen voor een Design, Build and Maintain-contract (DBM). Hierbij ligt het initiatief – en vaak een deel van de ontwikkeling – bij een andere organisatie dan de partij die het uiteindelijk (door ontwikkelt, bouwt en voor een periode onderhoudt.

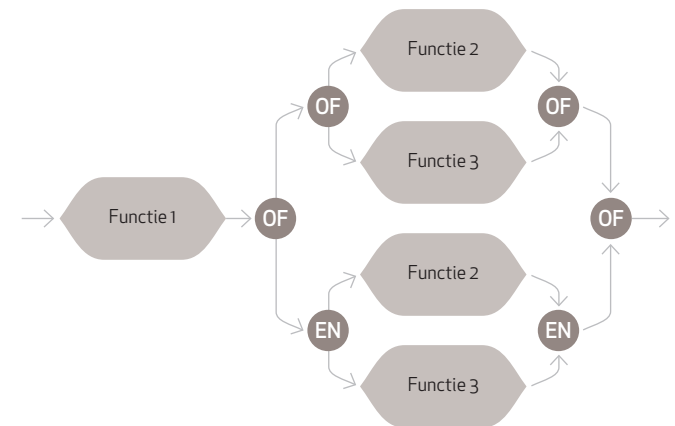
Aandacht voor overdracht

Binnen de case is gekozen voor de knip (de overdracht van opdrachtgever naar opdrachtnemer) (zie figuur 5, pag. 33) na uitwerking van het ontwerp tot een Tracé Besluit. Hierdoor wordt een deel van de ontwikkeling al door de opdrachtgever gedaan (al dan niet in samenwerking met een ingenieursbureau). Het uitwerkingsniveau van de opdrachtgever bepaalt de mate van ontwerpvrijheid voor de opdrachtnemer. Vaak ligt aan de keuze voor het uitwerkingsniveau een risicoafweging ten grondslag. Hierdoor kan het gebeuren dat de knip niet bij alle systeemdelen gelijk gekozen is en de opdrachtnemer dus voor de verschillende delen meer of minder ontwerp-

vrijheid heeft. Het is belangrijk dat er aandacht is voor de verantwoordelijkheden op het vlak van V&V-activiteiten en dat de afspraken over wie wat valideert en verifieert helder zijn. Op hoofdlijnen is de opdrachtgever verantwoordelijk vóór de knip en de opdrachtnemer na de knip. De ontwikkeling van het systeem staat echter los van de knip. Activiteiten voor de knip lopen na de knip gewoon door, maar worden alleen vaak door een ander team uitgevoerd. In de case in 3.2 beschrijven we sommige processen in theorie vroeger of later in de case, maar deze vinden ook doorlopend plaats. Vandaar dat regelmatig wordt verwezen naar theorie in andere hoofdstukken.

Uiteenlopende ontwikkelmethodieken beschikbaar

Bij systeemontwikkeling zijn uiteenlopende methodieken inzetbaar, deze komen in de verschillende fasen terug.



Figuur 7 - De elementen in een Functional Flow Block Diagram

We geven hierna een beknopte selectie van ontwikkelmethodieken; meer informatie over ontwikkelmethodieken is onder andere te vinden in het INCOSE handbook SE, de Leidraad RAMS en het Handboek specificeren.

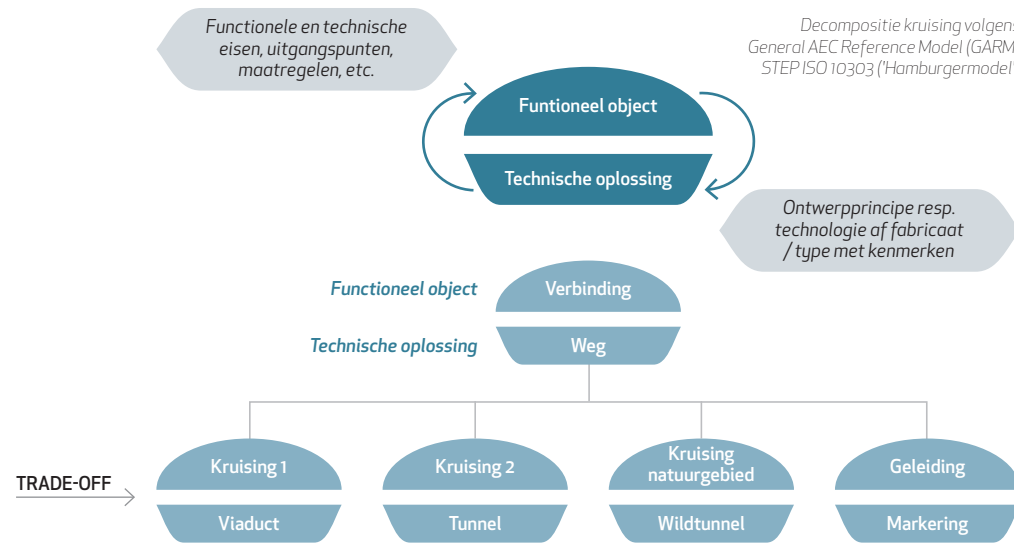
Function Analysis System Technique (FAST)

FAST is een gestructureerde methode van functieanalyse die resulteert in het bepalen van de basisfunctie en het vaststellen van het kritieke pad van functies, ondersteunende functies en onnodige functies. Met 'hoe-vragen' wordt de ordening van functies bepaald. 'Waarom-vragen' bevestigen de vaststelling van hiërarchie van functies.

FAST-schema's dienen concreet te worden opgesteld zodat ze bruikbaar zijn, maar tegelijkertijd voldoende abstract te zijn zodat ze de mogelijkheid bieden op creatieve wijze naar alternatieven te zoeken.

Functional Flow Block Diagram (FFBD)

Een FFBD is een analysemethodiek van functies en brengt de samenhang van functies in beeld. Het is een diagram dat de tijdsvolgorde en samenhang van functies binnen een systeem in beeld brengt. Een FFBD kan bestaan uit meerdere lagen (een gedetailleerder blockdiagram binnen een block). Elke functie wordt hierbij gerepresenteerd door een rechthoek waarin de functie wordt benoemd (met een combinatie van werkwoord en zelfstandig naamwoord, zoals 'dragen verkeer' of 'doorvoeren water') en gecodeerd. Lijnen verbinden de rechthoeken en verbeelden de functionele flow door een systeem, waarbij er 'als, dan-', 'en'- en 'of'-relaties worden gebruikt.



Figuur 8 - Hamburgermodel

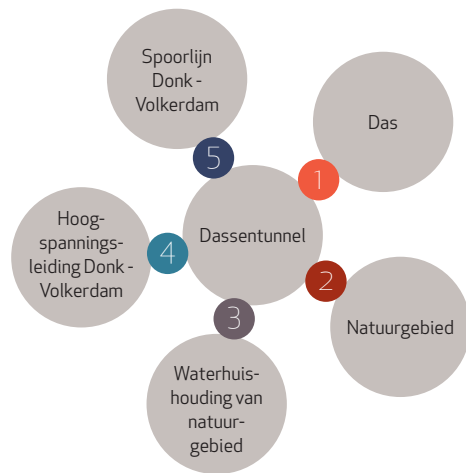
Model-based Systems Engineering

Model-based Systems Engineering (MBSE) is een ontwikkelmethodiek, die de nadruk legt op het gebruik van formele talen om een model te maken van het gewenste systeem. Een bekend voorbeeld van zo'n formele taal is SysML. MBSE helpt bij het veel preciezer formuleren van de gewenste eigenschappen van het systeem dan mogelijk is met de gebruikelijke tekstgebaseerde SE-methodieken. Ook biedt het meer mogelijkheden tot het semi-automatisch uitvoeren van verificaties en validatie.

Hamburgermodel

(General AEC Reference Model; GARM)

Het Functioneel Object (FO) – Technische Oplossing model (TO) scheidt elk bouwobject binnen een (sub) systeem in een functionele verschijning en een technische implementatie hiervan. Een FO verzamelt alle informatie (zoals functies, functionele en technische eisen, raakvlakken, toestanden, uitgangspunten) die nodig is om te komen tot een keuze (bijvoorbeeld via een Trade-off) voor een TO. Een TO heeft kenmerken die getoetst moeten worden aan de collectie van informatie rondom het betreffende FO. Een TO kan op zijn beurt weer (met decompositie) worden opgedeeld in nieuwe FO's.



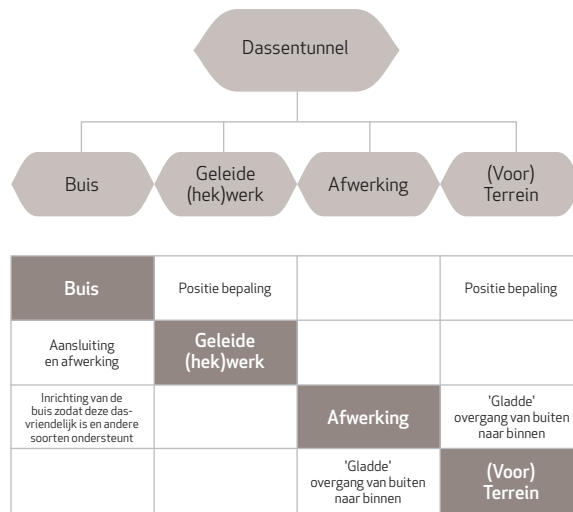
Aard van het raakvlak

- 1 Dassentunnel is ingericht voor de das met de de juiste afmetingen en de gewenste inrichting.
- 2 Dassentunnel is gelegen in natuurgebied en sluit aan bij de inrichting daarvan, paden en bermten ingezaaid met gebiedseigen plantenzaad.
- 3 Slotenstelsel van natuurgebied is bepalend voor ligging en richting dassentunnel.
- 4 De door / over het gebied lopende hoogspanningsleiding is mede bepalend voor de positionering. Niet op locatie van masten.
- 5 Dassentunnel is gelegen onder de spoorlijn, krachten moeten op de ondergrond worden overgedragen.

Figuur 9 - Een contextdiagram van een dassentunnel

Raakvlakanalyse

Op de raakvlakken van systemen, deelsystemen en systeem-elementen vinden interacties plaats (input-outputrelaties, functieopvolging). Voor de raakvlakbeheersing is het van belang deze raakvlakken te kennen. Een contextdiagram is hiervoor een geschikt hulpmiddel. Nadat de raakvlakken zijn onderkend, kunnen de eisen en/of uitgangspunten hiervan worden beschreven en op kritieke momenten worden getoetst. Vaak worden de deelsystemen toebedeeld



Figuur 10 - Een N2-chart bij een dassentunnel

aan verschillende disciplines. Een effectieve raakvlak-analyse helpt suboptimalisatie door de afzonderlijke disciplines voorkomen. Raakvlakken kunnen in beeld gebracht worden met behulp van een contextdiagram. Raakvlakken kunnen overzichtelijk worden gemaakt en bewaakt worden met behulp van een N2-chart, waarbij raakvlakken in matrixvorm worden weergegeven.

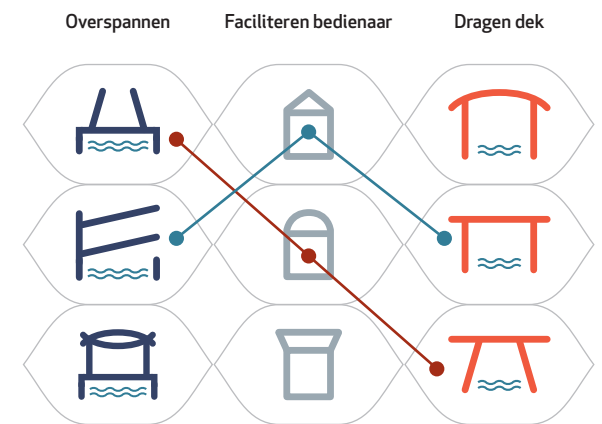
Morfologische analyse

De morfologische analyse ontleedt een product in behoeften waarin het voorziet en technologische componenten waaruit het bestaat. Dit met de bedoeling nieuwe ideeën te ontwikkelen. In een matrix (morfologische kaart) wordt het hoofdprobleem opgesplitst in deelproblemen. Voor elk van deze deelproblemen worden verschillende oplossingen gegenereerd. Na evaluatie worden de oplossingen gecombineerd tot een samenhangende totaaloplossing. In het morfologische overzicht staan niet alleen alle functies waar een oplossing voor gevonden moet

worden, maar ook de mogelijke oplossingen zelf. Aan de bovenzijde staan alle functies waar het ontwerp aan moet voldoen (horizontaal). Onder elke functie staan de mogelijke oplossingen (verticaal). Door per functie een oplossing te kiezen, volgen hieruit een aantal mogelijke ontwerpen.

Trade-off matrix

Een Trade-off matrix is een afwegingstabel om op basis van meer dan één onderscheidingscriterium een rationale keuze te maken tussen diverse alternatieven. De criteria (zijnde de klant- en/of systeemeisen die bij die alternatievenafweging onderscheidend zijn) en weegfactoren zijn vooraf bepaald. Zo kunnen scores op economische, ecologische en sociale criteria bij elkaar worden opgeteld, om alternatieven te rangschikken. Een Trade-off matrix ordent gegevens, maakt beslissingsprocessen transparant en ondersteunt zo beslissers.



Figuur 11 - Een morfologische analyse van een brug

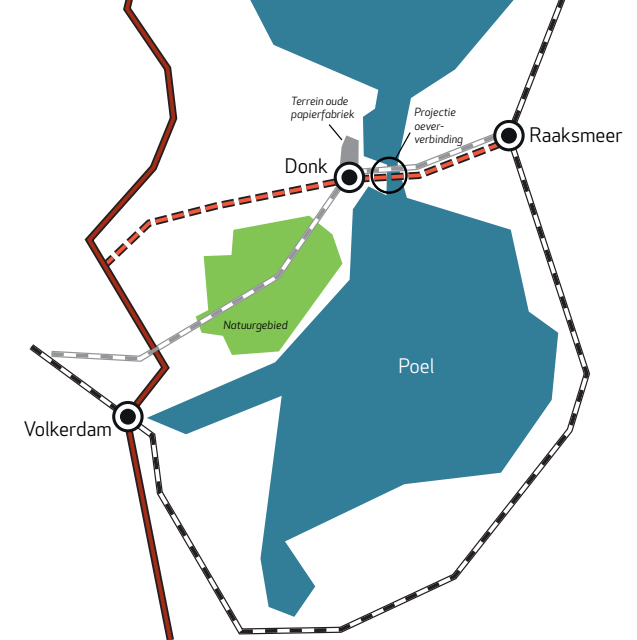
De case

3.2 DE CASE: OVER DE POEL

Het meer Poel – dat meerdere kleine havens bevat – ligt tussen twee Nederlandse provincies. Aan de oost- en westkant van het meer liggen de steden Raaksmeer en Donk. Het westelijke Donk is een beloftevolle groeikern, terwijl het oostelijke Raaksmeer over een spoorlijn en station beschikt. De steden, die door slechts 100 meter water zijn gescheiden, liggen over asphalt ruim 20 kilometer uit elkaar. Behalve een toenemend aantal inwoners huisvest Donk een ondernemende projectontwikkelaar. Deze wil de in onbruik geraakte papierfabriek inzetten als een multifunctioneel complex. De gemeenteraad ziet daardoor mogelijkheden voor uitbreidende werkgelegenheid en verdere groei van de toeristische aantrekkingskracht van de gemeente. Hiervoor is betere ontsluiting van Donk noodzakelijk.

Een stevige lobby door de projectontwikkelaar en gemeenteraad volgt. Ze kloppen aan bij minister en provincies, en met succes. De lobby leidt tot het opstellen van een probleemstelling met een onderbouwing. Dit zorgt ervoor dat de minister van Infrastructuur en Milieu onderzoeksbudget beschikbaar stelt. De verkenning kan starten.

De primaire opdrachtgever in deze case is de minister. Het projectteam start met de uitwerking van het project. Dit team bestaat in dit geval uit mensen van zowel ProRail als Rijkswaterstaat. Het team is uiteraard opdrachtnemer van de minister, maar we noemen het binnen de context van deze case de opdrachtgever. Daarbij hanteren we de term opdrachtnemer voor de leverancier van ingekochte ingenieursdiensten (Kans) en de opdrachtnemer voor het hoofdcontract (Combinatie RaDo). Ook deze partijen kunnen op hun beurt weer opdrachtgever zijn voor onderdelen die zij uitbesteden aan derden.



Figuur 12 - Het meer Poel



Figuur 13: Organogram Over de Poel

I. Verkenning

Ambtenaren van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) starten de verkenning. Ze brengen de omgeving en de belanghebbenden met hun uiteenlopende belangen in beeld. **IV.1** De gemeenteraden en projectontwikkelaar zijn groot voorstander van een verbinding tussen de dorpen en het doortrekken van de spoorlijn, inclusief een station in Donk. De bewoners van Donk zijn enthousiaster dan die in Raaksmeer, maar in beide dorpen vreest men voor belemmering van vrij uitzicht, geluidsoverlast en schade aan woningen tijdens de bouw. De vaarwegbeheerder is op zijn beurt sceptisch omdat hij vreest dat de doorvaartroute beperkingen krijgt. Deze eist dan ook ongehinderde doorvaart met onbeperkte hoogte.

In het meer liggen meerdere kleine havens, recreatief maar ook industrieel, die belang hebben bij de plannen en vrije doorvaart eisen. Bij het benoemen van de belangen komen de eisen en wensen in beeld; ook verschillende oplossingsmogelijkheden worden benoemd. De verzamelde eisen en wensen worden als de klantvraag aange-merkt **I.1** en vastgelegd in de Klant Eisen Specificatie (KES). **I.2**

I.1

Klantvraag

Binnen de Leidraad zien we de klant als de verzameling belanghebbenden bij de realisatie van het systeem. Dit zijn zowel betalende als niet-betalende belanghebbenden. Deze klanten stellen elk hun eigen voorwaarden aan het systeem. De klantvraag zien we als de verzameling van behoeften en randvoorwaarden van deze klanten met betrekking tot het systeem.

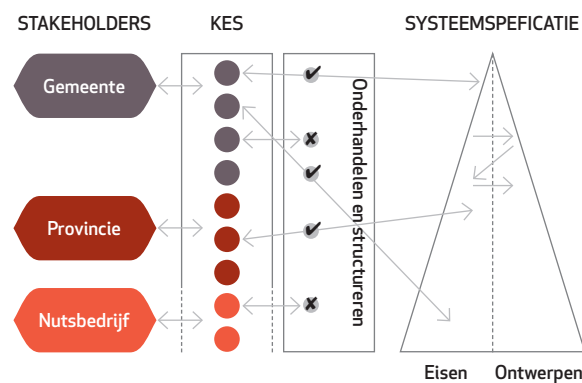
I.2

Specificaties

Klant Eisen Specificatie (KES)

De eerste stap in de ontwikkeling van een systeem is het specificeren van de klanteisen. Dit start met een probleemanalyse, een omgevingsanalyse en een stakeholderanalyse die de klantbehoeften in beeld brengen. Dit gebeurt in intensief contact met de diverse (groepen) belanghebbenden. Het is belangrijk een compleet beeld van de belanghebbenden te hebben. Door te denken vanuit alle fasen uit de levenscyclus van het systeem komt bijvoorbeeld ook de beheerder in beeld.

Klantbehoeften worden opgesteld in de vorm van eisen en wensen. Ook randvoorwaarden als tijd en geld maken deel uit van de klantvraag. Analyse van de klanteisen en -wensen zorgt ervoor dat bijtijds mogelijke problemen worden geïdentificeerd, zoals conflicterende of onrealistische eisen. Besluiten over het al dan niet honoreren van klanteisen en -wensen worden vastgelegd. Het vaststellen van deze besluiten gebeurt in nauw contact met de klanten op projectteamniveau of met opdrachtgevers zoals een stuurgroep of minister. Deze informatie wordt vastgelegd in een Klant Eisen Specificatie (KES) of Customer Requirements Specification (CRS).



Figuur 14 - Traceerbaarheid input belanghebbenden naar systeemspecificatie

Systeemspecificatie

De KES is input voor de systeemontwikkeling. Alle informatie over de systeemontwikkeling wordt vastgelegd in een systeemspecificatie. Deze systeemspecificatie geeft een gestructureerd overzicht van het betreffende systeem, de beschikbare oplossingsruimte, een beschrijving van de benodigde functionaliteiten, de context van het systeem, de geïdentificeerde raakvlakken met (andere systemen in) de omgeving, de eisen gesteld aan het systeem alsmede een beschrijving van de gemaakte ontwerpkeuzes, passend bij de eisen. De systeemspecificatie bevat alle informatie die het systeem definieert. Daarbij worden ontwerp/oplossing en eisen/vraag zo veel mogelijk gescheiden om de oplossingsruimte helder te houden. Eisen en ontwerp lopen parallel en iteratief op in de systeemontwikkeling. Het is verstandig vanaf het begin de traceerbaarheid van klanteisen naar systeemeisen bij te houden. Hiermee kan voor de klant zichtbaar worden gemaakt wat er met zijn eisen is gedaan. Binnen de sector wordt op verschillende manieren vorm gegeven aan de systeemspecificatie. We zien bijvoorbeeld ook dat de systeemspecificatie wordt uitgesplitst in een systeem-eisenspecificatie en een systeemontwerpspecificatie.

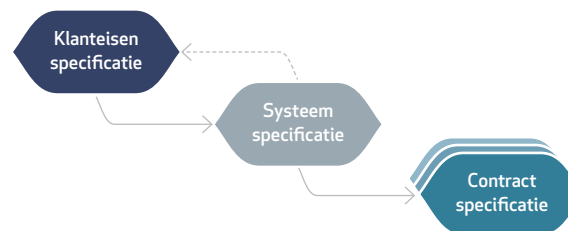
Contractspecificatie

Afhankelijk van de inkoopafwegingen wordt – vroeg of laat – een aanbestedingsdossier opgesteld. De uitwerking van klanteisen en systeemontwikkeling wordt nu verwerkt tot één of meer contracten en de bijbehorende specificaties. Voor het samenstellen van de contractspecificatie (bij een D&C-contract een vraagspecificatie genoemd en bij

een DBFM-contract een output-specificatie) wordt een uitsnede uit de systeemspecificatie gemaakt, voor dat deel dat in het contract wordt ingekocht. Het gaat hierbij om een momentopname of baseline in de systeemontwikkeling. De opdrachtgever is hierbij verantwoordelijk voor de juiste verwerking van klanteisen in het contract. Wanneer ervoor wordt gekozen om de systeemspecificatie in meerdere contractspecificaties uit te besteden, is het belangrijk dat de opdrachtgever de raakvlakken hiertussen bewaakt. Dit met name bij wijzigingen.

Blijvende aandacht voor de klantvraag

De klantvraag en de KES dienen tijdens het specificeren continu aandacht te krijgen, omdat klanteisen kunnen wijzigen of kunnen worden aangevuld. Dit bijvoorbeeld vanwege gemaakte ontwerpkeuzes, veranderende wet- en regelgeving of een ander politiek klimaat. De impact van de gewijzigde klanteisen moet altijd in beeld worden gebracht. Daarbij dienen de afwegingen en besluiten die daarbij zijn gemaakt te worden bijgehouden, in de vorm van gewijzigde eisen (eisenmanagement) en gewijzigde configuratie (configuratiemanagement).



Figuur 15 - Informatiestroom van klanteisen naar contractspecificatie

I.3

Iteratief specificeren

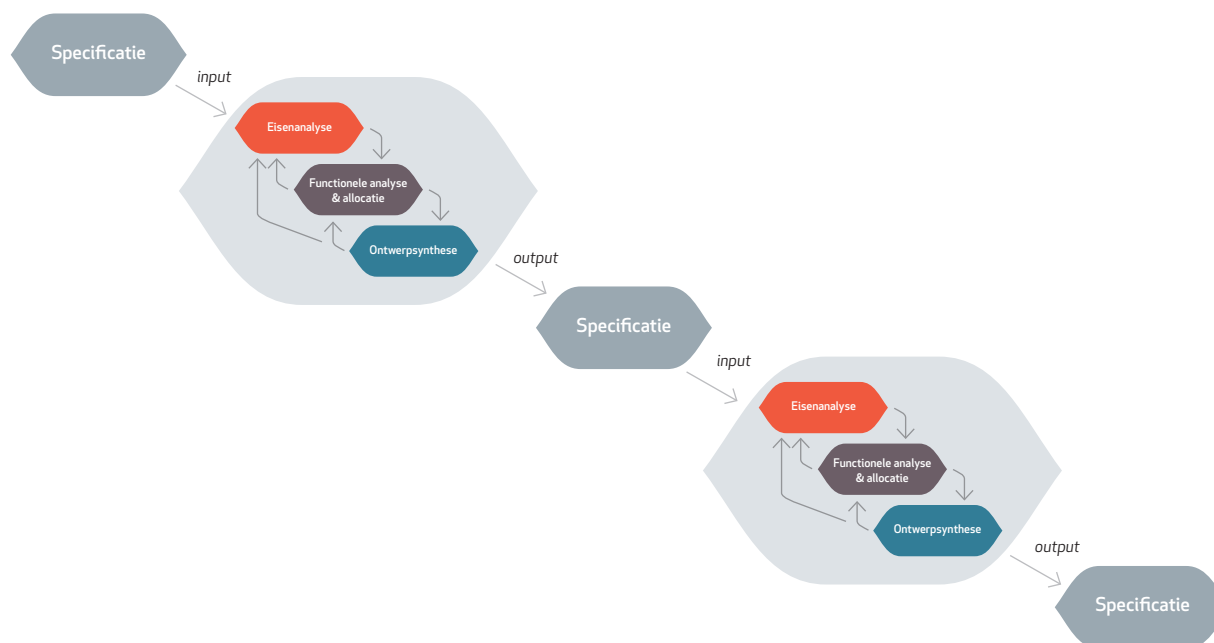
De complexiteit en dynamiek van de klantbehoefte vragen om een iteratieve werkwijze. Het probleem is vaak niet in één keer in een oplossing te vatten. Keuzes zorgen voor voortschrijdend inzicht, mogelijke aanvulling van de klanteisen en nadere analyse van het probleem. SE gaat uit van een iteratief specificatieproces waarbij functies, eisen en oplossingen in samenhang worden ontwikkeld.

Bij complexe systemen herhaalt het iteratieve proces van specificeren zich op meerdere detailniveaus (figuur 16, pag. 40), waarbij elke verdieping resulteert in een specificatie. Je kunt deze specificaties zien als verschillende versies of baselines, van dezelfde systeemspecificatie. Het verschil tussen deze versies betreft de diepgang of gedetailleerdheid. Bij elke stap in de detaillering is het van belang de ontwerpen te verifiëren aan de eisen op het desbetreffende niveau. Daarnaast moet je de gemaakte keuzes valideren aan het beoogde gebruik en de samenhang van verschillende ontwikkelde deelsystemen binnen een samengesteld systeem toetsen.

Het eindresultaat van het doorlopen van dit iteratieve proces is een gespecificeerd systeem. De opeenvolgende iteratieve stappen worden regelmatig weergegeven in een V-model (figuur 18, pag. 46).



Het analyseren van onder meer de klantvraag leidt tot de systeemeisen, die de basis vormen voor meerdere oplossingsrichtingen en de ontwikkeling van verschillende alternatieven. I.3 I.4 I.5 Hierbij verschijnen de contouren van het systeem en daarmee het system of interest. I.6 Bij het ontwikkelen van de verschillende alternatieven en de mogelijke keuzes betreft men de belanghebbenden intensief. Zo ontstaat draagvlak voor de keuzes tussen conflicterende eisen en belangen. I.7 Een van de alternatieven beschrijft een brug, waarbij scheepvaartverkeer doorgang moet kunnen vinden en de weg en spoorweg minimaal twintig uur per dag beschikbaar moeten zijn. De spoorwegverbinding biedt voor Donk een nieuw treinstation aan de rand van de nieuwe wijk in de buurt van de oude papierfabriek. Zo kan de gemeenschap de bezoekers voor het evenementencomplex dicht bij de evenementenlocatie ontvangen. Dan volgt een toetsing van de alternatieven aan de door de belanghebbenden ingebrachte eisen en een afweging van alle haalbare alternatieven. Daarbij blijkt dat het alternatief van de beweegbare brug het dichtst bij de doelstellingen komt en het meeste draagvlak heeft. I.8



Figuur 16 - Detailniveaus specificeren

I.4

Ontwikkelen alternatieven voor het vinden van de juiste oplossing

Om tot een optimale oplossing voor het gestelde probleem te komen, worden verschillende alternatieven ontwikkeld. Belangrijk bij het ontwikkelen van deze alternatieven zijn een heldere, eenduidige probleemdefinitie en zo weinig mogelijk randvoorwaarden aan de oplossing. Technieken om alternatieven te identificeren zijn onder meer:

een brainstormsessie, ontwerpateliers, de inzet van Value Engineering (VE) I.7 en een morfologische analyse. Soms worden uit gewoonte of omwille van de efficiëntie eisen uit vorige projecten in de specificatie opgenomen. Hierdoor kunnen (naast tegenstrijdigheden) onnodige extra ontwerprandvoorwaarden worden opgenomen, waardoor (ongewenst) goede oplossingen worden uitgesloten. Wees hierop dus altijd alert.

I.5

Expliciet en traceerbaar werken

De informatie in grote projecten bevindt zich bij verschillende mensen, op verschillende locaties en in verschillende fasen. Dat vraagt om het helder vastleggen en overdragen van informatie en keuzes, oftewel: expliciet en traceerbaar werken.

Expliciet werken is voor de meeste mensen geen natuurlijk gedrag. Deze werkwijze zorgt er echter voor dat informatie zo wordt vastgelegd dat deze kan worden begrepen en gebruikt zoals de afzender het bedoeld heeft. Het draagt bij aan de traceerbaarheid. Expliciet werken vraagt van de zender dat deze voldoende informatie toevoegt, bijvoorbeeld de keuzes én de argumentatie waarom een bepaalde keuze is gemaakt. Projectmedewerkers dienen dit zich te realiseren als ze keuzes maken of kennis opdoen die noodzakelijk is om vast te leggen en te delen. Het werkt daarbij het efficiëntst als men deze informatie vastlegt op het moment dat de keuze of afspraak wordt gemaakt of de kennis wordt opgedaan.

Zorg dat de (project)organisatie is ingericht op expliciet werken, bijvoorbeeld door in het projectplan te benoemen wat je wilt gaan vastleggen in het project.

I.6

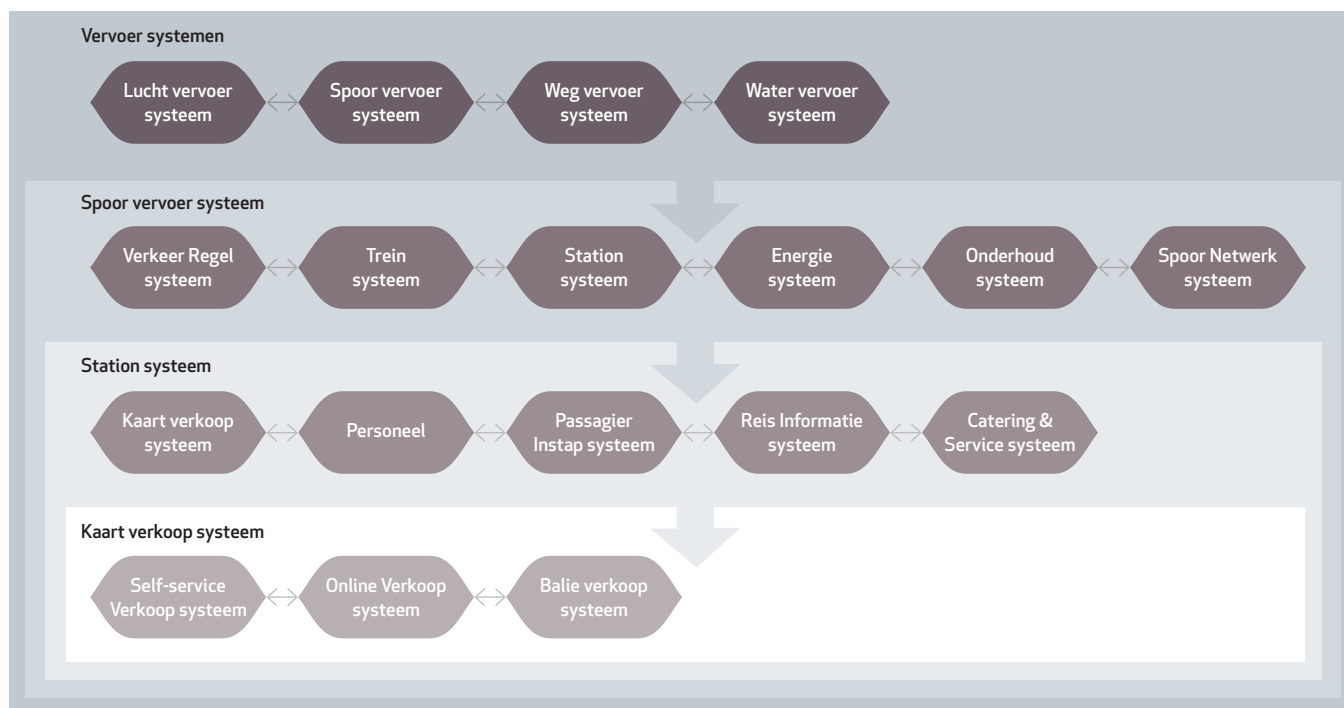
System of interest en system of systems

De waarnemer bepaalt de waarneming en definitie van een systeem. Iedere belanghebbende beschouwt het systeem vanuit zijn belangen en verantwoordelijkheden. Dit noemen we het 'system of interest'.

Het is van belang om, met behulp van omgevingsmanagement, te werken aan een gezamenlijk beeld van het systeem, dat wordt gedeeld door alle belanghebbenden. Een contextdiagram kan het systeem in zijn omgeving schetsen en brengt de externe raakvlakken gestructureerd in beeld. Dit is noodzakelijk om de juiste systeemeisen boven tafel te krijgen. Daarbij ondersteunt het de afstemming tussen projectteam en belanghebbenden over de projectscope, ofwel over het systeem.

System of systems

Een systeem is deel van een groter geheel. Dit grotere geheel noemen we een system of systems. Vanuit het perspectief van een andere waarnemer kan dit evengoed een systeem zijn. Het is van belang om deze gelaagdheid in systemen en het bestaan van verschillende perspectieven voor ogen te houden en hierover expliciet te communiceren.



Figuur 17 - Systeem en systeemcontext



De minister neemt een besluit over het voorkeursalternatief; oftewel het alternatief dat de planuitwerking ingaat. Dit voorkeursalternatief stelt de scope vast. Verder bepaalt de minister het voorlopige projectbudget waarmee in elk geval de planuitwerking kan worden uitgevoerd. Voor de kosten voor realisatie wordt een reservering gemaakt. Alle gebruikte informatie en gemaakte keuzes zijn onderdeel van de configuratie. Idealiter leggen de betrokkenen alle relevante informatie direct vast in een Bouwwerk Informatie Model (BIM). **VI.6** Hiermee geven ze invulling aan het configuratiemanagement.

VI.5

1.7

Value Engineering optimaliseert systeem over de levenscyclus

Value Engineering (VE) is een systematische, multidisciplinaire benadering die – met behulp van functieanalyse en creatieve technieken – de waarde van het systeem over de gehele levenscyclus optimaliseert. Het begrip waarde doelt op de hoeveelheid functionaliteit (met prestatie), afgezet tegen de levenscycluskosten. Deze waarde heeft betrekking op datgene wat de klant belangrijk vindt, zoals duurzaamheid, geld of het beperken van overlast. VE wil deze waarde voor de klant zo groot mogelijk maken.

VE sluit goed aan op SE en ondersteunt bij het achterhalen van de vraag achter de klantvraag en bij het verhelderen en aanscherpen van eisen. Bij het opstellen van eisen is het niet direct mogelijk om vast te stellen wat de consequenties zijn voor de waarde. Met een oplossing in beeld, raakt de waarde voor de klant tastbaarder. Pas dan zijn de consequenties voor de kosten en de prestatie van het systeem zichtbaar. En dan kan ook de vraag beantwoord worden of een functie inderdaad zo veel geld waard is, of er nog functies ontbreken en of de prestaties voldoende zijn.

VE ondersteunt ook bij de communicatie met en tussen belanghebbenden en vergroot zo het draagvlak. Diverse stappen in het ontwikkelproces worden met verschillende belanghebbenden doorlopen. Zo ontstaat meer begrip van elkaars eisen en behoeften, de samenhang hiertussen en onderlinge afhankelijkheden.

VE kan helpen bij het onderbouwen van formele besluit-

vorming. Dit door het leveren van een bevestiging dat de belangrijkste alternatieven zijn bekeken, een goede afweging is gemaakt bij de keuze van opties en varianten en een expliciete onderbouwing van ontwerpkeuzes bestaat door de afweging op basis van de prijs-prestatieverhouding. VE kan ook ingezet worden om de ontwikkeling van alternatieven te faciliteren.

In de huidige praktijk wordt VE vaak ingezet als een project vastloopt. Dit bijvoorbeeld vanwege conflicterende eisen of het feit dat een oplossing veel duurder blijkt dan ingeschat. VE is echter niet per se een interventie, het kan binnen projecten juist ook worden ingezet als stuurinstrument. Het biedt een uitstekend kader voor Trade-offs en andere ontwerpkeuzes en daarmee de sturing van het ontwerpproces.

Meer over VE is te vinden op www.value-eng.org en www.valueforeurope.com.

1.8

Validatie en verificatie in de verkenning

De in de verkenningsfase geïdentificeerde behoeften en wensen worden vastgelegd in klanteisen en -wensen. Deze worden vertaald naar systeemeisen. Om te borgen dat de vertaling op de juiste manier plaatsvond, worden deze aan de belanghebbenden voorgelegd (validatie). De systeemeisen zijn vervolgens input voor de ontwerpen die worden ontwikkeld en kunnen vervolgens ook aan deze eisen worden getoetst (verificatie). Vervolgens kunnen de ontwerpen ook worden voorgelegd aan de klant (valideren).

Bij dit proces kan het gebeuren dat eisen en wensen tegenstrijdig zijn en tegen elkaar moeten worden afgewogen. Het besluit over de eisen die worden meegenomen dient te worden teruggekoppeld naar de klant. Het ontwerp dat op basis van deze eisen wordt ontwikkeld, moet worden geverifieerd aan alle eisen uit de systeemspecificatie. De resultaten van zowel verificatie als validatie worden meegenomen naar de vervolgfases van het project en de systeemontwikkeling.

Competenties in de verkenning

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die bij de verkenning van belang zijn:

1 Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.

Zorg in deze fase voor een goede probleemanalyse en een daarvan afgeleide doelstelling voor het systeem. Bepaal het probleem in samenhang met belangrijke belanghebbenden en heb daarbij oog voor bestaande en toekomstige ontwikkelingen.

2 Vooruitdenken, scenario's ontwikkelen en toetsen.

6 Nieuwsgierig zijn en doorvragen.

Als je met belanghebbenden spreekt, vraag dan altijd door. Wat weet de persoon tegenover je nog meer? Wat is nou eigenlijk het echte probleem achter de vraag? Vraag met een open en nieuwsgierige houding verder. Neem geen genoegen met dat wat zich makkelijk aandient, maar zoek door tot je zeker weet dat de kern is besproken en juist is geïnterpreteerd.



Het ministerie van Infrastructuur en Milieu geeft opdracht tot het uitwerken van de oplossingsrichting. Vervolgens vindt de project start-up plaats: de opdrachtgever vormt een projectteam dat deze projectfase oppakt. **II.1**

Het projectteam neemt het dossier uit de vorige fase en het besluit van de minister als basis en start met het verzamelen van gedetailleerdere informatie over de omgeving van het te ontwikkelen systeem. Hiermee kan het team het systeem op een gedetailleerder niveau ontwerpen. Nu komt er zicht op ontwerpvragestukken die eerder nog niet zo concreet in beeld kwamen. Dit raakt dan bijvoorbeeld de locatie en inrichting van aansluitende wegvakken, de exacte locatie van de brug of de wijze van besturing en bediening. Zo wordt het beoogde gebruik van het systeem met de beschrijving van verschillende gebruiks-, bedienings- en besturingsscenario's in kaart gebracht. **II.2** Voor een groot deel van de werkzaamheden schrijft het projectteam een opdracht. Deze geeft het, na afweging van diverse biedingen, aan ingenieursbureau Kans. Daarbij besteedt het team niet alles uit; zo voert dit het omgevingsmanagement zelf uit.

Om aan te tonen hoe het systeem blijft aansluiten op de klantvraag, ontwikkelt de opdrachtgever een V&V-strategie. Deze strategie wordt vastgelegd in het V&V-managementplan. **II.3** De opdrachtgever zorgt voor goede afstemming van dit plan tussen het eigen projectteam (en de werkzaamheden die daar belegd zijn) en bureau Kans. Na een update van de stakeholderanalyse en het contextdiagram spreekt men opnieuw met de klanten over hun eisen en wensen. Deze klanteisen en -wensen verwerkt men in een nieuwe versie van de KES (of CRS) en legt men nog eens voor aan de klanten. Dit borgt een expliciete en traceerbare instemming.

II. Conceptfase

II.1

Tijd en aandacht voor het 'projectvocabulaire'

Goed communiceren begint ermee dat partijen elkaar begrijpen en aan bepaalde begrippen dezelfde inhoud toekennen. Vandaar dat het goed is om bij de start van een nieuwe fase van een project het taalgebruik en de definities vast te leggen. Wat wordt verstaan onder verificatie of onder een systeemdecompositie? En valt onder een weg alleen het asfalt, of valt ook de geleiderail eronder? Een afbeelding kan zaken helpen verhelderen. Net als checken of de ander de termen herkent die jij gebruikt.

Begrippenlijst

Maak bij de start van een project een begrippenlijst aan, zodat je het samen over hetzelfde hebt. Dat is ook prettig op het moment dat mensen op het project worden vervangen. De begrippenlijst van deze Leidraad, de Concepten Bibliotheek voor de Gebouwde Omgeving (CB-NL) en, wanneer beschikbaar, een specifiekere objectentype-bibliotheek kunnen daarbij als basis dienen. De lijst dient verder te worden uitgewerkt met termen die voor het eigen project van toepassing zijn. Besteed hier bij elke nieuwe fase van het project opnieuw aandacht aan.

II.2

Scenario's beschrijven

SE vraagt om het specificeren van functies. Gebruik bijvoorbeeld scenario's, use cases of Operational Concept Description (OCD) om het beoogde gebruik van een (dynamisch) systeem te duiden. Zeker bij het duiden van de proceskant van een systeem kan het helpen om één of meer scenario's te beschrijven. Met een scenario bedoelen we een reeks opeenvolgende gebeurtenissen, bijvoorbeeld een aanrijding met gewonden in een tunnel en de daarop volgende incidentafhandeling. Hierin hebben gebruikers, een operator en derde partijen (zoals hulpverleningsdiensten) interactie met het systeem. De scenarioanalyse helpt bij het definiëren van de benodigde functies, de afbakening van het systeem in de keten en het optimaliseren en toetsen van het ontwerp van voorzieningen binnen het systeem. Dit met het oog op de zelfredzaamheid van gebruikers, de ondersteuning van de hulpverlening en het voorkómen van escalatie. Een scenarioafhandeling (ook wel use cases genoemd) bepaalt hoe de functies samenhangen.

Plaats van OCD in de contractspecificatie

Een OCD kan helpen bij het communiceren over eisen, wensen en oplossingsruimte. Als er een OCD beschikbaar is binnen een project, zorg dan dat deze goed is gepositioneerd in de specificatie. Contractueel moeten over een OCD duidelijke afspraken worden gemaakt; wat verwacht de opdrachtgever van de opdrachtnemer en wat moet de opdrachtnemer uiteindelijk met het document doen.

II.3

Het V&V-managementplan

Het V&V-managementplan legt de strategie van zowel het verificatie- als het validatieproces vast. Dit plan beschrijft de afspraken over de uitgangspunten, te gebruiken methoden (per projectfase), fasering en de afspraken aangaande de te hanteren V&V-status (bij het voldoen aan eisen) en V&V-rapportage. Zowel opdrachtgever als (onder)opdrachtnemer maken een eigen V&V-managementplan.

II.4

Decomponeren

Iteratief specificeren vindt plaats op verschillende abstractieniveaus. Daarbij werkt men vanuit het doel naar de uiteindelijke oplossing. De invulling van de probleemstelling van de klant wordt opgedeeld in behapbare stukken (afbreken van de complexiteit). Binnen SE gebeurt dit voor objecten en functies maar ook voor specificaties, activiteiten en bijvoorbeeld projectorganisatie.

Functionele samenhang

Tijdens het ontwerp van een systeem ontstaan vanuit de te vervullen functies deelsystemen en systeem-elementen. Hieraan kunnen functies en aspecten worden toebedeeld; dit noemen we alloceren. Door de gemaakte ontwerpkeuzes en allocatie ontstaan afgeleide eisen. Bij deze gelaagdheid bij de probleemaanpak en het ontwerpen van oplossingen moet aandacht zijn voor de functionele samenhang en het minimaliseren van raakvlakken. Een systeemdecompositie kan bijvoorbeeld plaatsvinden

naar functievervullers, naar discipline (kunstwerken, wegen, installaties) of geografie (tunnelmoot 1, 2 en 3).

Eisen afleiden

Eisen kunnen we niet opdelen (decomponeren) omdat deze worden afgeleid van de systeemdecompositie en de bovenliggende eis(en). Een eisendecompositie bestaat daarom niet; wat wel bestaat is een eisenstructuur of -hiërarchie. Afgeleide eisen kunnen in deze hiërarchie worden toegevoegd op basis van de gekozen oplossingen. De directe relatie tussen eisen geeft, samen met de gekozen oplossing, inzicht in de manier waarop de bovenliggende eis wordt ingevuld. Traceerbaarheid van eisen is niet los te zien van de gekozen oplossing. Met het verifiëren van alle onderliggende eisen is niet vanzelfsprekend aangetoond dat ook de bovenliggende eis is geverifieerd. Het systeem moet aan elke eis worden geverifieerd en voor elke eis moet een verificatiemethode worden vastgesteld. Validatie borgt dat de ontwerpkeuze juist is gespecificeerd.

Een uitzondering op het niet kunnen opdelen van eisen, vormt het 'budgetteren' van eisen, waarbij de eis op systeemniveau wordt gesplitst naar eisen voor verschillende systeemdelen. De geëiste prestatie wordt daarbij verdeeld over de verschillende delen.



Ingenieursbureau Kans start met het uitwerken van de oplossingsrichting. Hierbij wordt een aantal detailniveaus in beeld gebracht, waarbij het ontwerp wordt gedecomposeerd. **II.4 V.1** Het ingenieursbureau zet hierbij verschillende ontwikkelmethodieken in (zie 3.1). **VI.1** Dit leidt tot een eerste uitbreiding van het systeemontwerp. Het toepassen van verificatie en validatie **II.5** zorgt dat de gemaakte keuzes aantoonbaar blijven binnen de oplossingsruimte. **II.6** Het systeemontwerp wordt uitgewerkt tot het niveau dat nodig is voor het planologische proces en de haalbaarheidstoetsing. In het belang van de integraliteit is een verantwoordelijke aangewezen voor het raakvlakmanagement. Deze persoon onderhoudt intensief contact met de system integrator. **II.7**

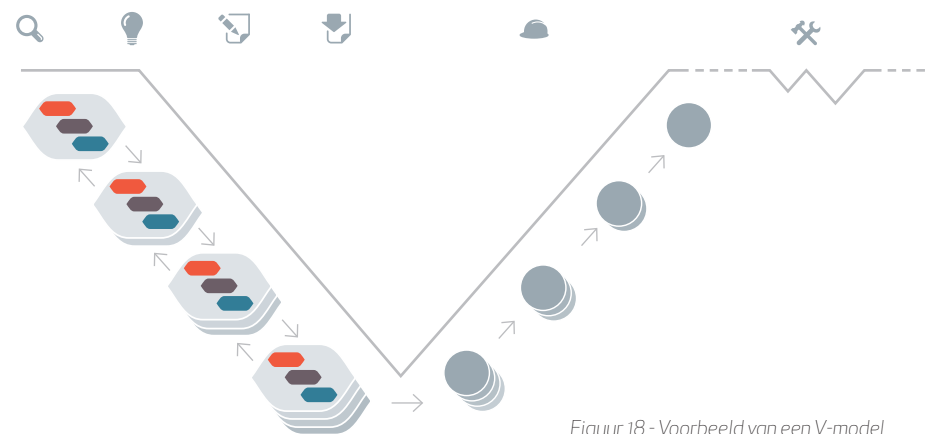
Bij het systeemontwerp vindt, vanwege het publiekrechtelijk traject, onderzoek plaats naar diverse aspecten zoals geluid, lucht en de impact op ecologie. Hiervoor verzamelt het projectteam de benodigde informatie en voert het simulaties uit. De mitigerende maatregelen en harde randvoorwaarden vertaalt het projectteam naar zowel ontwerp als naar eisen. Dit als onderdeel van de systeemspecificatie. Om grip te houden op de diverse iteratieslagen van ontwerp en onderzoek besteedt het projectteam aandacht aan baselines. **VI.5** Tegelijkertijd moeten de eerder benoemde aspecten steeds gedetailleerder worden onderzocht. Dit is ook het geval als deze geen onderwerp zijn voor een OTB (Ontwerp Tracé Besluit), zoals levensduur of onderhoudbaarheid.

Het OTB formaliseert de uitwerking van het systeemontwerp publiekrechtelijk. Tijdens de planuitwerking wordt de inkoopstrategie uitgewerkt tot een inkoopkeuze. De opdrachtgever kiest voor een DBM-contract en een aanbesteding parallel aan de uitwerking van het Tracé Besluit. Daarbij kiest deze voor een contract met een onderhoudsperiode. Dit om te stimuleren dat de opdrachtnemer meedenkt over de

II.5

Verificatie en validatie

Verifiëren en valideren gebeurt in het iteratieve specificatieproces op elk detailniveau en in alle fasen van de levenscyclus. Dit op basis van de per systeemdeel opgestelde V&V-plannen en zoals vastgelegd in het V&V-managementplan. Het is daarbij belangrijk zo vroeg mogelijk in de systeemontwikkeling te starten met zowel het verifiëren als het valideren. Al voordat een contract is gesloten, moeten keuzes zowel geverifieerd als gevalideerd worden op basis van het vastgelegde deel van de oplossing en de klant- en systeemeisen. Bij zowel verificatie als validatie is sprake van een beoordelaar, een prestatie, een methode en een criterium. Dit criterium wordt aan de prestatie gehangen (het zogenaamde pass/fail-criterium). Zo'n criterium kan bijvoorbeeld bestaan uit een minimale meetwaarde. Daarbij is bij verificatie in principe sprake van een kwantitatief geformuleerd criterium, terwijl bij



Figuur 18 - Voorbeeld van een V-model

validatie het criterium ook kan worden afgedekt door een oordeel van een vakdeskundige. Daarbij valt te denken aan het oordeel van een aangewezen expert. Dit is bijvoorbeeld een ergonomoom als een oordeel over de beeldschermbediening wordt gevraagd, of een stedenbouwkundige als het gaat om het inpassen van een kunstwerk in de omgeving. Daarmee stellen we overigens niet dat validatie subjectief is; het vindt plaats tegen geformuleerde klanteisen die worden gesteld aan het specifiek beoogde gebruik.

Resultaten vastleggen

De resultaten van de verificaties en validaties legt men vast in V&V-rapporten. Deze worden uiteindelijk opgenomen in en gekoppeld aan het V&V-register. Als de specificaties aangepast en nader gedetailleerd worden, kan dit van invloed zijn op wat eerder gevalideerd was. Mogelijk moeten validaties dan opnieuw plaatsvinden.

II.6

Het V-model: top-down specificeren, bottom-up realiseren

Bij complexe systemen herhaalt het iteratieve proces van specificeren zich op meerdere detailniveaus. Op basis van de bestaande set met eisen worden ontwerpkeuzes gemaakt. Van dit ontwerp kunnen eisen worden afgeleid die leiden tot ontwerpkeuzes op een concreter en specifiekere niveau (of een kant-en-klaar product). Dit iteratieve proces leidt tot een decompositie van het te realiseren systeem. Het resultaat van het doorlopen van dit iteratieve proces in de ontwikkelfase is een gespecifi-

ceerd systeem, inclusief het daaraan getoetste ontwerp. Vervolgens wordt het ontworpen systeem bottom-up gerealiseerd en hoofdzakelijk geverifieerd aan het ontwerp. Het detailniveau van specificeren wordt bepaald door het risicoprofiel, de complexiteit van het te realiseren systeem en de benodigde concreetheid van informatie om het systeem te kunnen realiseren.

II.7

Aandacht voor integraliteit met de system integrator

Binnen SE-trajecten helpt systeemintegratie bij het borgen van de integraliteit. Het bewust toekennen van de rol van system integrator zorgt voor iemand die over de hele systeemontwikkeling een vinger aan de pols houdt. Deze 'integrator' – bijvoorbeeld de integraal ontwerpleider of de systeemontwikkelaar – kent de risico's en raakvlakken van het systeem. Bij voorkeur en waar mogelijk, zet eerst de opdrachtgever en vervolgens de opdrachtnemer deze persoon in. Of dit mogelijk is, hangt ook af van het systeem of interest van opdrachtnemer en opdrachtgever. Soms is een systeem voor de opdrachtgever bijvoorbeeld verdeeld over meerdere contracten, zodat de opdrachtnemer slechts verantwoordelijk is voor een systeemdeel. De system integrator heeft totaaloverzicht en een scherp beeld van de samenhang van de deelsystemen. De system integrator kent de werking en de moeilijkheden van het betreffende systeem en begrijpt bijvoorbeeld hoe de besturingssystemen samenwerken met de civiele onderdelen, hoe een kunstwerk in de weg past of een bovenleiding in een tunnel. Hij groeit mee met het systeem

en ziet het vroegtijdig als zaken fout kunnen gaan. Hierbij ligt de nadruk op integraliteit. Het voorschrijven van een beslissingsbevoegd hulp persoon in contracten lijkt (contractueel) niet juridisch haalbaar. Dit zou er namelijk voor zorgen dat een medewerker aan opdrachtgeverszijde beslissingsbevoegd raakt in de organisatie van de opdrachtnemer. Het lijkt realistischer dat één persoon – in dienst van de opdrachtgever – na aanbesteding de rol van toetser van de integraliteit op zich neemt. In alle gevallen is het overdraagbaar maken en dus expliciet vastleggen van keuzes van belang.

II.8

SE geschikt voor alle contractvormen

Contracten vormen overdrachtsmomenten binnen de ontwikkeling van het systeem. SE is toepasbaar bij alle contractvormen, van RAW tot en met DBFMO. Vanwege de terugtrekkende overheid, waarbij steeds meer professionaliteit van de markt wordt gevraagd, is SE geïntroduceerd in de GWW-sector. SE ondersteunt bij het ontwikkelen van een systeem van probleem naar oplossing en helpt de opdrachtgever bij het beheerst loslaten van het ontwikkelproces. Dat geldt ook voor de overdracht van opdrachtnemer naar onderaannemers, leveranciers en ingenieursbureaus. Het vraagt om bewust inkoopbeleid bij het uitbesteden van werk, waarbij de volwassenheid van de betreffende partijen maatgevend is. Niet onbelangrijk voor een goede overdracht: wanneer in contracten om de toepassing van SE wordt gevraagd, is het vanzelfsprekend om SE ook toe te passen bij het voorbereiden en opstellen van het contract.



levenscycluskosten. De opdrachtgever regelt een deel van de natuurcompensatie buiten dit contract. In deze case is sprake van een DBM-contract, maar SE is toepasbaar bij alle contractvormen. **II.8**

De spoorlijn doorsnijdt een natuurgebied ten zuiden van Donk. Om goede migratie van fauna te realiseren, is een oplossing nodig waarbij de dieren veilig de spoorlijn kunnen passeren. Door de gekozen oplossing wordt de doorstroom van het kanaal smaller. Dit vraagt om maatregelen voor de waterhuishouding. Het risico dat natuurorganisatie Donks Landschap zich niet kan vinden in de uitdetaillering van de door hen gestelde klanteisen is vrij klein. **II.9** Vandaar dat de opdrachtgever de oplossing voor het faunagedeelte vrij laat. **II.10** Voor de waterhuishouding – waarvan waterschap Poel de belanghebbende is – werkt de opdrachtgever echter een gedetailleerde oplossing uit in de systeemspecificatie, zodat dit gebruikt kan worden in het OTB.

Tegelijk met het systeemontwerp wordt ook het aanbestedingsdossier samengesteld. De risico-inschatting legitimeert dat – na vaststelling van het OTB – direct met de aanbestedingsperiode wordt gestart. Dat betekent dat de benodigde informatie beschikbaar wordt gesteld voor de gegadigden, zodat zij hun aanbieding kunnen maken. **II.11** Tijdens het hele traject is het direct en goed vastleggen van keuzes en afspraken belangrijk. **I.5**

II.9

In kaart brengen risicoprofiel

Tijdens het specificeren wordt het systeem steeds verder ingevuld. De eisen worden – uitgaande van een probleem- en doelstelling en het ontwerp – op verschillende detailniveaus, in samenhang, opgebouwd. Bij het maken van ontwerpkeuzes op basis van de eisen wordt op ieder niveau ook de oplossingsruimte afgebakend. Hier volgt een bijbehorend risicoprofiel uit, dat steeds in kaart moet worden gebracht.

Voor de inkopende partij is het belangrijk dat deze goed in kaart brengt wat hij koopt en ook weet welke verantwoordelijkheden en onzekerheden hij bij een andere partij neer kan leggen. De oplossingsruimte en het gewenste risicoprofiel bepalen het moment van overdracht en waar kansen voor innovatie of optimalisatie liggen. Verschillende contracttypen brengen verschillende risicoprofielen met zich mee. Zo kent een RAW-bestek een kleine oplossingsruimte met vaak weinig risico's. Een DBM-contract brengt meer ruimte voor innovatie voor de opdrachtnemer met zich mee en daarmee verandert de risicoverdeling.

II.10

Kansen benutten binnen de oplossingsruimte

Als een contractspecificatie een zekere abstractie in zich heeft, bestaat er een zekere oplossingsruimte voor de markt om met innovatieve oplossingen te komen, ofwel: een kans. Belanghebbenden kunnen deze ruimte in negatieve zin zien als een risico op een mogelijk niet-gewenste (deel)oplossing. Waar zich risico's bevinden, kan dit binnen de contractspecificatie met meer gedetailleerde eisen

worden ingeperkt. Waar men de innovatiekracht van de markt – oftewel de kansen – wil benutten, specificeert men de oplossing op een hoger abstractieniveau. Het is verstandig om de specificatie te scannen op vrijheden die hieruit kunnen volgen. En daarbij te bepalen of de keuzes die worden opengelaten al dan niet wenselijk zijn.

II.11

Informatielevering aan (potentiële) opdrachtnemers

Het is belangrijk om bij de aanbesteding informatie beschikbaar te stellen die gegadigden niet zelf (of niet tijdens de aanbestedingsfase) kunnen achterhalen. Het gaat dan bijvoorbeeld om informatie als keuzes die zijn gemaakt en kostenintensieve informatie zoals grondonderzoek of verkeersmodellen.

De contractspecificatie is een uitsnede van de systeemspecificatie voor dat deel dat in het contract wordt ingekocht. Het bevat dus ook de informatie uit de systeemspecificatie die betrekking heeft op het contract. Dit zijn: al gemaakte keuzes, de verrichte onderzoeken en andere uitganggegevens en de ontwerpen en de bijbehorende verificaties en validaties.

De status en traceerbaarheid van de klanteisen en klantwensen - en de door de uitsnede van de contractspecificatie uit de systeemspecificatie ontstane raakvlakken - moeten ook in de contractspecificatie duidelijk zijn. Zeker als voor gunning niet met deze belanghebbenden mag worden gesproken maar er verantwoordelijkheid voor stakeholdermanagement via het contract bij de opdrachtnemer wordt neergelegd.

Competenties in de conceptfase

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die bij de conceptfase van belang zijn:

2 Vooruitdenken, scenario's ontwikkelen en toetsen.

Bij de ontwikkeling van het systeem in de conceptfase dienen verschillende scenario's te worden benoemd en uitgewerkt. Welke impact hebben de keuzes waar je in het project voor staat? Ontstaan er nieuwe raakvlakken en belanghebbenden als je linksaf gaat in plaats van rechtsaf? Hoe ontwikkelt de omgeving zich in de komende periode, en blijft de beoogde systeemoplossing daarop aansluiten? Dit zijn voorbeelden van vragen waar deze competentie op inspeelt.

4 Creatief denken en overleggen.

Bij het bedenken van systeemoplossingen is het van groot belang dat je een creatief ontwikkelproces kunt doorlopen. Sluit op voorhand geen oplossingen uit en geef met een creatieve instelling ruimte aan bijzondere ideeën. Hierop volgt immers het toetsen van oplossingen en het wegstrepen van de onhaalbare varianten.

6 Nieuwsgierig zijn en doorvragen.

9 Vooropstellen van het maatschappelijk en gezamenlijk belang, boven het eigen belang.

III. Ontwikkeling en contractering

De aanbesteding kan starten, het is nu aan de gegadigden om de input van het aanbestedingsdossier, waaronder bijvoorbeeld de contractspecificatie **III.1**, uit te werken tot een inschrijving. De eisen op het laagste niveau hoeven niet van een ontwerp te worden voorzien. Hier zit de oplossingsruimte voor de opdrachtnemende partijen.

Het aanbestedingsdossier werd voorafgaand aan de aanbesteding vanuit verschillende disciplines getoetst. **III.2** Binnen het projectteam van de opdrachtgever gaan stemmen op om de eisendatabase in het aanbestedingsdossier op te nemen. Vanuit contractjuridisch oogpunt kiest men er echter voor om de contractspecificatie in de vorm van een tekstdocument in het dossier te stoppen. Dit met de opmerking dat de database wel ter informatie kan worden verstrekt. **III.3**

Diverse gegadigden melden zich. Na selectie blijven er vijf partijen over. Deze ontvangen in twee rondes inlichtingen van de opdrachtgever. Na deze vragen- en beantwoordingsrondes is een aantal wijzigingen in het aanbestedingsdossier doorgevoerd. Alle vijf de partijen analyseren het contract en de meegeleverde informatie. Zo willen zij de vraag van opdrachtgever en belanghebbenden helder krijgen. **III.4** Iedere partij ontwikkelt een ontwerp op basis van het aanbestedingsdossier. **V.1** Binnen de

III.1

Inzicht in achtergrondinformatie

Opdrachtgevers dienen inzicht te geven in de achtergrondinformatie van het contract. Iedere eis is bijvoorbeeld voorzien van een eisinitiator. Daarbij moet ook helder zijn hoe de eis zich ontwikkelde (van originele klanteis, via analyse, systeemeis en ontwerpkeuzes, naar afgeleide eis). Natuurlijk is de contracttekst leidend, maar het is goed als alle partijen de informatie kennen die achter een eistekst schuilgaat.

In eisen kan worden verwezen naar specifieke onderdelen van documenten. Deze documenten kunnen voor het overzicht worden opgesomd en waar mogelijk verstrekt. Als een document niet in een eis (of contracttekst) wordt genoemd, is het bedoeld als achtergrondinformatie.

III.2

Kwaliteit van systeemspecificaties

Een goede systeemspecificatie voldoet aan een aantal kenmerken. Zo is deze:

- **Compleet.** De specificatie is integraal en loopt over alle disciplines en alle levensfasen van het systeem. Het bevat de bekende onderdelen en alle eisen die men wil stellen. Daarbij is aandacht nodig voor: de omgevingsanalyse en alle belanghebbenden, contextobjecten, interne objecten of systeemdelen, functies, raakvlakken en aspecteisen, prestatie-eisen en ontwerprandvoorwaarden. Het is goed om steeds opnieuw deze invalshoeken in beeld te brengen en ze in overeenstemming met elkaar te brengen. Daarbij is het nodig om structuur aan te brengen in de steeds groter wordende verzameling van eisen. Compleetheit vraagt ook aandacht voor de aspecten: betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid, veiligheid en gezondheid, omgevingshinder, duurzaamheid, vormgeving, toekomstvastheid en sloopbaarheid.
- **Actueel.** De specificatie past bij het systeem zoals dat is vastgesteld, horend bij de belanghebbenden en hun belangen op dit moment. Het is goed om nieuwe

inzichten vast te leggen, omdat hiermee scope- en contractwijzigingen verderop in het project kunnen worden voorkomen of er goed op kan worden gereageerd.

- **Duidelijk.** De specificatie is helder geformuleerd, de objecten zijn gedefinieerd en de grenzen inzichtelijk. Eisen zijn hierbij eenduidig. Dat vraagt om aandacht voor de afbakening van en de formulering van eisen. Daarbij dient informatie op de juiste plaats te staan. Ontwerpen en eisen zijn met elkaar verbonden en verificaties tonen dit ook aan. De ontwerpafwegingen dienen te worden gedocumenteerd en gedeeld met alle partijen. Proces- en systeemeisen zijn in de contractspecificatie van elkaar gescheiden.
- **SMART.** Een goede specificatie en/of eis is: Specifiek (eenduidig omschreven), Meetbaar (wanneer is in kwaliteit het doel bereikt), Acceptabel (voor doelgroep en/of management), Realistisch (haalbaar) en Tijdgebonden (wanneer moet het doel bereikt zijn).

De genoemde opsomming maakt duidelijk dat de verantwoordelijkheid voor een goede specificatie nooit bij één persoon kan liggen, maar afhankelijk is van meerdere rollen of partijen. Dit dient in de processen te zijn geborgd.

III.3

Aanleveren van de database

Het contract kent een contractspecificatie die als tekstdocument is opgenomen in het contractdossier. De opdrachtgever bouwt deze contractspecificatie meestal

op in een digitale database. Opdrachtnemers vragen regelmatig om de levering van deze digitale database. Aangezien de database geen contractuele status heeft, levert de opdrachtgever deze enkel als extra hulp. Aan de database kan de opdrachtnemer echter geen rechten ontleen. In de toekomst kan het mogelijk worden dat baselines in een digitale database een contractuele status krijgen. In dat geval kunnen de tekstuele contractspecificaties mogelijk verdwijnen.

III.4

Aandacht voor overdragen en doorvragen

Ergens in het proces draagt de opdrachtgever de eisen en de daarbij behorende oplossingsruimte over aan de opdrachtnemer. Dit vraagt om heldere communicatie. Voor de opdrachtgever betekent dit dat deze bij het overdragen de benodigde informatie meegeeft en doorvraagt of de informatie is begrepen. Voor de opdrachtnemer betekent dit dat deze doorvraagt en samenvat. Deze aandacht voor heldere communicatie is uiteraard ook nodig op momenten dat de opdrachtnemer overdraagt aan onderaannemers.

III.5

Oplossingsruimte overnemen

Binnen contracten nemen opdrachtnemers een oplossingsruimte en de bijbehorende risico's over van de opdrachtgever. Dit moet wel gebeuren binnen de grenzen van het redelijke; het is belangrijk alleen die verantwoordelijkheden over te dragen die de andere partij ook daadwerkelijk kan nemen.

Vaak is de risico-overdracht groter als er nog veel oplossingsruimte bestaat. Bijvoorbeeld als de opdrachtnemer eisen en risico's overneemt op het vlak van 'passen in de omgeving'. Daar moet in het aanbestedingsdossier en tijdens het aanbesteden al aandacht voor zijn. Het is dan ook verstandig het risicoprofiel samen te bepalen. De opdrachtnemer moet deze risico's immers afprijzen. Dat maakt het van belang dat beide partijen weten welke risico's er spelen binnen een project.

Beperkingen planologische besluitvorming

Een publieke opdrachtgever moet afwegen of risico's gedragen kunnen worden door de markt. Daarnaast heeft hij vaak te maken met beperkingen volgend uit bijvoorbeeld de Tracéwet, Waterwet of het bestemmingsplan. Deze schrijven – op onderdelen – de mate van systeemontwikkeling (ruimtebeslag, hoogteligging en bandbreedtes voor milieueffecten) voor. Een vroege marktbenadering (vervlechting) helpt om bijtijds ideeën uit de markt te betrekken. Dit is een complex proces waarbij er interactie is tussen systeemontwikkeling, planologische besluitvorming en aanbestedingsregelgeving.



contractspecificatie zoeken ze de oplossing die de meeste meerwaarde biedt. Onderscheidend vermogen zit in slimme oplossingen die passen in de oplossingsruimte die de opdrachtgever biedt. Iedere gegadigde denkt na over de diepgang van de doorontwikkeling en legt deze vast in een eigen V&V-strategie. **III.3** Een van de onderdelen waarvoor een slimme oplossing moet worden gevonden, is de reeënkolonie die leeft in het gebied dat de spoorlijn doorkruist. Hiervoor dragen de gegadigden een oplossing aan. **III.5 III.6**

Een groot deel van het (O)TB wordt in het hoofdcontract verwerkt, andere delen worden door de opdrachtgever in kleinere contracten aan specialistische bureaus uitbesteed. Een voorbeeld hiervan is het verplaatsen van de bittervoorns die nu in het meer Poel zitten. Een ecooloog krijgt de opdracht deze tijdig af te vangen en te herplaatsen. De realisatie van een stuk natuurgebied compenseert de verloren habitat. Dit regelt de opdrachtgever in een apart contract.

De gegadigden zijn ondertussen verder gegaan met het uitwerken van het ontwerp en het verifiëren van dit ontwerp aan de contractspecificatie. Ze stellen het inschrijvingsdossier samen en dienen dit in. De opdrachtgever weegt de biedingen en gunt het project aan de partij met de economisch meest voordelige inschrijving (EMVI).

III.6

Duidelijk zijn over de oplossingsruimte

De gestelde eisen – waaronder mogelijk een budget – en de gemaakte ontwerpkeuzes bepalen de oplossingsruimte. In sommige aanbestedingen spreekt men daarbij over wel of niet te vervullen wensen. Dan is niet de prijs maar juist het eisenpakket flexibel (plafondprijs).

Enkele aandachtspunten bij het communiceren over de oplossingsruimte:

- Wees duidelijk over de hardheid van eisen, zorg voor onderscheid tussen eisen en wensen.
- Geef, indien van toepassing, aan in welke mate individuele wensen meetellen in de beoordeling van de aanbidding.
- Leg vast waar de eisen vandaan komen.
- Besteed aandacht aan omgevingsraakvlakken/belanghebbenden.
- Geef aan waar wel of juist geen andere oplossing gewenst is.
- Bespreek samen bij overdracht van informatie hoe de eisen geïnterpreteerd worden.
- Weet dat oplossingsruimte kansen en risico's creëert en dus voor verrassingen kan zorgen.
- Leg de keuzes tijdens het ontwikkelproces vast en check of de gekozen oplossingen passen binnen de oplossingsruimte (verificatie en validatie).





Competenties bij de ontwikkeling en contractering

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die bij de ontwikkeling en contractering van belang zijn:

- 1 *Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.*
- 3 *Reflecteren en daarbij 'hoe het werkelijk ging' vergelijken met de verwachtingen vooraf.*
- 5 *Abstraheren en concretiseren afwisselen; variëren in afstand nemen en de details onderzoeken.*

Bij het uitwerken van het systeem dient soms op groot detailniveau en soms op abstract niveau te worden gewerkt. Sommige zaken vragen dat er op wat globaler niveau naar het systeem wordt gekeken en dat het systeem weer naast de doelstelling worden gehouden. Dit terwijl andere specifieke onderwerpen kunnen vragen om een gedegen en diepgaand onderzoek; denk bijvoorbeeld aan risico's met een grote impact. Dit vraagt om afwisselen tussen abstraheren en concretiseren.

IV. Doorontwikkeling

Combinatie RaDo heeft zich goed verdiept in de belanghebbenden **IV.1** van het project en biedt de meeste kwaliteit voor de ingediende prijs. Deze partij krijgt het werk gegund. Na een korte opstartfase groeit het projectteam snel. Om grip te houden op de samenstelling ondergaat het team een analyse.

Vlak na de start gaat Combinatie RaDo in gesprek met de opdrachtgever om de tijdens de aanbesteding gemaakte keuzes en gekozen V&V-strategie toe te lichten.

IV.2 Tijdens dit gesprek kan de opdrachtgever de achtergronden van gemaakte keuzes verhelderen. **IV.3** Dit zorgt dat deze verder kunnen worden uitgewerkt, in afgeleide eisen en de daarbij behorende ontwerpen. **I.3** Op regelmatige basis vindt overleg plaats over de gemaakte keuzes. Dit zorgt voor een verdere detaillering van de systeemdecompositie. **IV.4** **VI.1** Daarnaast verifieert men de gekozen oplossing aan de eisen die ten grondslag lagen aan het vaststellen van de oplossingsrichtingen.

De opdrachtnemer startte al voor gunning met het onderverdelen van de projectwerkzaamheden in werkpakketten. Dit verdeelt het project in kleinere deelprojecten en maakt het geheel beheersbaar. Elk werkpakket krijgt een verantwoordelijke.

IV.1

Belanghebbenden in beeld

Net als voor de opdrachtgever, is het voor de opdrachtnemer raadzaam de belanghebbenden in kaart te brengen en de invloed van deze belanghebbenden vast te stellen. De door de opdrachtgever meegegeven analyse kan hiervoor als basis dienen. Het is belangrijk deze analyse actueel te houden. De belanghebbenden kunnen per fase anders zijn en ook hun belangen kunnen wijzigen. In het traject voor gunning is er tussen de meeste belanghebbenden en de opdrachtgever al contact geweest. Dit contact neemt de opdrachtnemer na gunning gedeeltelijk over. Het draagt bij aan een goede overdracht als de opdrachtgever aanwezig is bij de kennismaking met de belanghebbenden.

Betrekken van beheerder

Na de realisatie van (een deel van) het systeem krijgt de beheerder dit overgedragen. Deze beheerder dient dan ook zo vroeg mogelijk te zijn betrokken. Dit om bijtijds te bepalen welke gegevens nodig zijn om het (deel)systeem te kunnen overdragen, maar ook voor het vaststellen van procedures, werkwijze en bijvoorbeeld trainen van bedienaars. Dit kan voorkomen dat informatie op het laatste moment nog moet worden verzameld of niet meer

te verkrijgen is of dat er gegevens beschikbaar zijn waar uiteindelijk niets mee wordt gedaan. Het is daarom zaak om vroeg met de beheerder om tafel te gaan.

IV.2

V&V-managementplan: ook voor opdrachtnemers

Het is noodzakelijk dat de opdrachtnemer vastlegt hoe hij de verificatie en validatie aanpakt. Het vastleggen van deze strategie dient al voor gunning te starten. In sommige gevallen is de strategie ook onderdeel van de EMVI-criteria. De aanpak wordt opgenomen in een V&V-managementplan, wat een onderdeel kan zijn van het projectmanagementplan. Het V&V-managementplan legt onder meer vast welke fasen en methoden worden gehanteerd, welke formats gebruikt worden en welke organisatie en middelen hiervoor beschikbaar zijn. Afhankelijk van de omvang en complexiteit van het project kan hier ook al een lijst met V&V-methode(n), criteria en fase(n) van aantonen per eis aan worden toegevoegd (V&V-plan). Het is belangrijk hier rekening te houden met al door de opdrachtgever voorgeschreven verificatiemethoden en -criteria. Het V&V-managementplan zorgt dat vooraf overeenstemming bestaat met de opdrachtgever over hoe verificatie en validatie binnen het project plaatsvinden.

IV.3

Zorg voor intensieve samenspraak voor én na sluiten van het contract

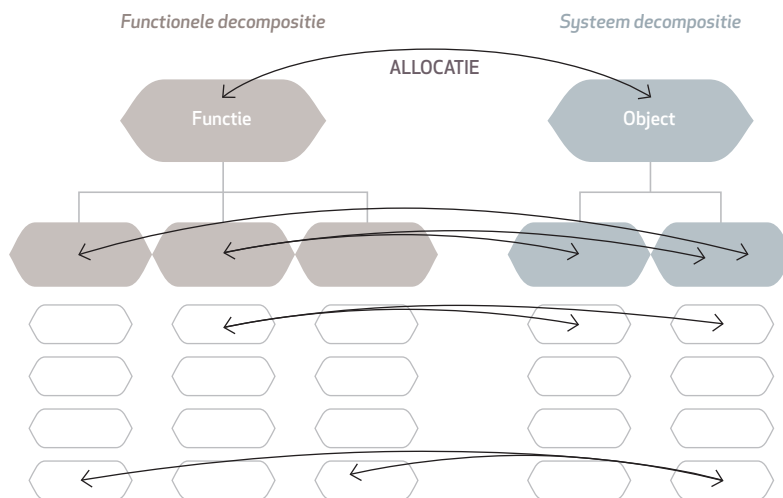
Na het sluiten van het contract zijn de verhoudingen anders dan ervoor. Het is verstandig om ook in de nieuwe situatie om tafel te gaan en het project en de oplossingsruimte goed door te spreken. Tijdens dit gesprek kan men ook samen vaststellen hoe de eisen moeten worden geïnterpreteerd. Dit voorkomt dat de opdrachtnemer een weg inslaat die de opdrachtgever niet voor ogen had. Dit overleg is een stap in het validatieproces van de opdrachtnemer en vraagt om heldere vastlegging.

IV.4

Systemedecompositie: meer detail bij concretere uitwerking

Op het moment dat in een project steeds meer informatie beschikbaar komt en er meer partijen en disciplines betrokken raken, is het zaak om informatie op een heldere manier te verbinden. De systemedecompositie (System Breakdown Structure (SBS)) speelt hierbij een belangrijke, structurerende rol. Een systemedecompositie is altijd een beperkte hiërarchische weergave van de werkelijkheid, zonder dynamiek en zonder inzicht in raakvlakken.

Op het snijvlak van verantwoordelijkheden dient iedere vragende organisatie (opdrachtgever) de gevraagde organisatie (opdrachtnemer) toe te staan een eigen systemedecompositie te hanteren. Dit geldt tussen opdrachtgever en opdrachtnemer, tussen aannemer en onderaannemer en ook tussen organisatiedelen (disciplines). Daarbij moet



Figuur 19: Functie-object-allocatie

ruimte worden gegeven aan de verschillende disciplines en hun vragen rondom de decompositie. De gevraagde partij dient een decompositie in te richten zoals deze die nodig heeft om het werk goed te kunnen doen. De traceerbaarheid naar de structuur van de vragende partij moet hierbij wel worden geborgd.

Naast een meer functionele indeling kan bijvoorbeeld een geometriemodel gebruikt worden als verbinding van verschillende structuren. Voorbeelden van een geometriemodel zijn een indeling in camerasecties, wegvakken, kunstwerknummers of baanvakken.

Omggaan met functies in de decompositie

Bij het uitwerken van het systeem worden zowel de

functies als de systeemdelen concreter ingevuld. Daarbij moeten de functionele decompositie en systemedecompositie in evenwicht zijn. Dit betekent niet dat de twee structuren één-op-één gelijk zijn, maar elk detaileringniveau kent zijn eigen functie-object-allocatie. Een systeemdeel kan hierbij meerdere functies vervullen en ook één functie kan door meerdere systeemdelen worden vervuld. Dit is in figuur 19 weergegeven.

Het uitwerken van functionele decomposities en -analyses is zinvol tot op het niveau waarop men op standaard producten uitkomt. Vaak blijven ook functies op een concreter objectniveau impliciet. Dit kan expliciet worden gemaakt, bijvoorbeeld met het Hamburgermodel (figuur 8, pag. 35).

Deze ontvangt de benodigde informatie en is verantwoordelijk voor het beheerst realiseren van dit werkpakket. **IV.5** Eén van de werkpaketeigenaren is bijvoorbeeld verantwoordelijk voor de realisatie van de beweegbare brug. Onder zijn verantwoordelijkheid vallen onder andere de afstemming met de beheerder, maar bijvoorbeeld ook de afspraken met de staalleverancier. Daarnaast is hij verantwoordelijk voor het integreren en afstemmen van de installaties in het totale systeem. **IV.6**

De natuurorganisatie Donks Landschap beheert het natuurgebied ten zuiden van Donk.

Donks Landschap heeft belang bij de drie dassentunnels die het gebied ten westen en oosten van de nieuwe spoorlijn verbinden. **IV.7** Het aantal tunnels lag al vast in het contract. De precieze positie en omvang van de tunnels en de inrichting van het gebied rondom de tunnels stemt de opdrachtnemer af met de beheerder. Nu de inrichting bekend is, is het van belang de raakvlakken van de tunnels af te stemmen.

IV.8 De beplanting en rasters moeten de dassen ook naar de tunnels leiden. De afstemming leidt tot een uitvoeringsontwerp dat voldoet aan de contractspecificatie (geverifieerd) **IV.9** en is afgestemd met de belanghebbende (gevalideerd). **IV.10**

IV.5

Werkpakketmanagement

Efficiënt en effectief werken vraagt om opdeling in beheersbare werkpakketten. Dit verdeelt het werk in delen, die elk apart ingepland, begroot of uitbesteed kunnen worden. Elk werkpakket wordt toegewezen aan een verantwoordelijke persoon, discipline of organisatie. Werkpakketten bestaan uit een set gerelateerde activiteiten. Ze zijn daarbij een clustering van activiteiten die samen een logisch geheel vormen op basis van bijvoorbeeld:

- Het systeemontwerp
- De geografische indeling
- De aansturing van een organisatie
- De processen

WBS

De Work Breakdown Structure (WBS) geeft een structuur voor het managen van een project. De WBS beschrijft alle werkzaamheden die verricht moeten worden om het beoogde projectresultaat te behalen. Het doel van een WBS is het werk verdelen in beheersbare werkpakketten. De indeling van de WBS is afhankelijk van het systeem of interest van de organisatie en zal dus bij opdrachtgever en opdrachtnemer verschillen. De activiteiten van alle werkpakketten samen zijn het project. Deze moeten als geheel dan ook aansluiten op de projectplanning en begroting.

Een werkpakket bestaat uit een clustering van activiteiten. Een activiteit wordt met name gevormd door een generieke activiteit die is gekoppeld aan een object uit

de Systeemdecompositie (SBS). Voorbeelden hiervan zijn: het ontwerpen van een brug, het prefabriceren van betonnen liggers of het testen van installaties. Daarnaast kunnen ook project- en ondersteunende processen een werkpakket vormen. Het indelen naar werkpakketten is in alle fasen relevant. De relevante informatie, zoals risico's, koppelen we aan het werkpakket. Dit geheel vormt de basis voor de werkpakketbeschrijving. Een werkpakket bevat een clustering van logisch samenhangende activiteiten. Vandaar dat betalingen in een contractsituatie vaak plaatsvinden op basis van de werkpakketten. Dit hangt echter ook af van de in het contract gehanteerde betaalvorm. Vanuit het oogpunt van beheersbaarheid is het wenselijk de betaling los te zien van de werkpakketten. Dit is bijvoorbeeld van belang als wordt betaald op basis van voortgang.

IV.6

Dynamische systemen

De installaties van de beweegbare brug kunnen flinke impact hebben op het totale systeem. Het openen van de brug kan bijvoorbeeld zorgen voor files op de weg. Als, zoals in deze case het geval is, een spoor over de brug loopt, moet samenwerking worden gezocht met de railverkeersleiding. De systemen moeten bij openen en sluiten van de brug samenwerken. Dit vraagt om een gedetailleerde analyse van de scenario's **II.2**, goede afstemming met de stakeholders en een gedegen testprotocol **V.5**.

IV.7

Afstemmen afspraken met belanghebbenden

In de fasen voorafgaand aan de aanbesteding zijn veel afspraken gemaakt met belanghebbenden. Niet in alle gevallen worden deze ook in het contract opgenomen. Soms willen belanghebbenden echter eerder gemaakte afspraken herzien of komen ze met nieuwe eisen. Het is dan belangrijk dat gemaakte afspraken goed zijn vastgelegd. Dit voorkomt discussie achteraf. Opdrachtgevers kunnen voor deze discussies een procedurele en financiële voorziening opnemen. Opdrachtnemers kunnen de (individuele) inlichtingenrondes gebruiken om gekozen oplossingsrichtingen binnen de oplossingsruimte te valideren. Deze rondes moeten dan ook in de aanbestedingsprocedure zijn opgenomen. Om met meer ontwerpvrijheid te kunnen samenwerken, is het verstandig een periode in te plannen waarin opdrachtgever en opdrachtnemer gezamenlijk invulling geven aan de oplossingsruimte. Dit zonder dat daar een vastgestelde contractsom aan ten grondslag ligt. Dit kan bijvoorbeeld door een contractsom met een bandbreedte uit te vragen. De keuzes binnen de oplossingsruimte moeten dan vallen binnen deze bandbreedte.

IV.8

Raakvlakken in kaart en expliciet afgestemd

Binnen het system of interest en daarbuiten moeten de verschillende objecten op elkaar aansluiten. Vaak werken verschillende teams aan de objecten binnen het systeem. Het is daarom van belang dat alle relevante raakvlakken, zowel intern als extern, in kaart zijn gebracht. Leg de

relevantie raakvlakken vast in een raakvlakspecificatie. Definieer hierin het raakvlak, de betrokken objecten en organisatie(onderdelen) en de maatregelen die nodig zijn om het raakvlak te beheersen. De uiteindelijke afspraak kan worden vastgelegd in nieuwe eisen.

IV.9

Verifiëren en Valideren binnen de eigen invloedssfeer

Bij het verifiëren en valideren richten opdrachtnemer en opdrachtgever zich op dat wat binnen de eigen invloedssfeer ligt. Is er al een oplossing gekozen door de opdrachtgever, dan is deze verantwoordelijk voor validatie en verificatie van die oplossing. **I.9** en **II.5** beschrijven verificatie en validatie in de vroege fase. Dit maakt duidelijk dat al vroeg verificaties en validaties worden uitgevoerd. Het is belangrijk dat deze verificaties en validaties bekend zijn bij de opdrachtnemer. Hierdoor zijn de verschillende besluiten traceerbaar en aantoonbaar.

IV.10

Verificatie en Validatie tijdens de ontwikkeling

De opdrachtnemer legt de strategie voor verificatie en validatie vast in een V&V-managementplan. Hij gaat daarbij door op het specificatieproces dat al door de opdrachtgever is doorlopen. Hierbij worden door de opdrachtnemer verificaties en validaties uitgevoerd. De systeemeisen uit de contractspecificatie kunnen worden beschouwd als de systeemspecificatie voor het system of interest van de opdrachtnemer. Hij kiest oplossingen binnen de oplossingsruimte die deze eisen bieden.

De oplossing leidt tot afgeleide eisen waaraan de oplossing wordt getoetst (verificatie). Deze afleiding en de gekozen oplossing (het ontwerp) kunnen worden getoetst bij de belanghebbenden (validatie). Hierdoor wordt voor de start van de bouw al getoetst of het juiste gebouwd gaat worden en worden faalkosten voorkomen.

Het is belangrijk om met de belanghebbenden afspraken te maken over de methoden en criteria die per eis worden gehanteerd (het Verificatie- & Validatieplan). Deze methoden zijn bijvoorbeeld: keuren, testen en modelleren. Een verificatie- of validatiemethode kan ook al in het kwaliteitsmanagementsysteem zijn gedekt. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat bij vrijgave van het ontwerp conform het kwaliteitsmanagementsysteem een controlelijst moet worden ingevuld, waarin controles zijn opgenomen die risicogestuurd een veel voorkomende norm toetsen. Stem het gebruik van deze en andere methoden vooraf af met de belanghebbende(n).

Validatie vindt nagenoeg altijd plaats met de betrokken belanghebbende(n). Maar ook een expert-judgement kan – in overleg met de belanghebbende – als validatiemethode worden gehanteerd. Een voorbeeld hiervan is een ontwerplevensduureis. Op basis van de materiaalkeuze worden eisen gespecificeerd aan dit materiaal om de gevraagde ontwerplevensduur te halen. Een onafhankelijk deskundige kan een uitspraak doen over de waarschijnlijkheid dat de levensduur hiermee wordt gehaald bij het voldoen aan deze gespecificeerde eisen. In dit geval is dan sprake van validatie. Het voldoen aan de gespecificeerde eisen is hier de verificatie.

De opdrachtnemer maakt notulen van alle overleggen met Donks Landschap en laat de afspraken bevestigen. **I.5**

De opdrachtgever anticipeerde erop dat de benodigde gronden vóór uitvoering verworven zouden zijn. Omdat dit niet is gelukt, zijn de contractuele uitgangspunten voor het ontwerp van de spoorlijn veranderd. De opdrachtgever gaat, samen met de opdrachtnemer, op zoek naar een alternatieve oplossing die de voortgang van het project niet belemmert. De extra kosten hiervan worden aan de opdrachtnemer vergoed. **IV.11 IV.12**

De opdrachtnemer denkt na over de kosten voor het deel van de levenscyclus dat binnen zijn (DBM-)contract valt. De expertise van de onderhoudsorganisatie – die ook al bij de aanbesteding betrokken was – komt ook hier van pas. Uiteindelijk kiest men voor ledverlichting op de brug. De lagere exploitatiekosten rechtvaardigen de hoge aanschafkosten die deze keuze met zich meebrengt. **VI.4**

IV.11

Contracten beheersen

In de GWW-sector is de omgeving – en daarmee een project – nooit statisch. De omgevingsdynamiek zorgt steeds voor wijzigingen. SE helpt om de scope in kaart te brengen en hierop te anticiperen. Dat maakt dat betrokken partijen de impact van wijzigingen scherp hebben. Het is dus zinnig het contract te richten op de dynamiek en niet op een statisch geheel.

Betrokken organisaties gebruiken scopemanagement om de grenzen van het aangenomen contract te bewaken en zetten daarbij contractbeheersing in om de uitvoering van uitbestede contracten te bewaken. De opdrachtnemer kan – via de traceerbaarheid van eisen naar ontwerpkeuzes – de impact van een contractwijziging duiden. In overleg wordt al dan niet besloten tot een contractwijziging, waarna de scope weer helder is. De wijziging is dan onderdeel van het geldende contract en valt daarmee onder contractbeheersing.

IV.12

Omgaan met wijzigingen

Een contractspecificatie omschrijft het gevraagde systeem. Onjuiste of ontbrekende informatie en nieuw opgedane inzichten kunnen aanpassing van deze contractspecificatie noodzakelijk maken. Deze wijzigingen zorgen dan dat eisen in de contractspecificatie worden aangepast of toegevoegd, of juist vervallen. Zowel inzichten van opdrachtnemer als opdrachtgever kunnen hiertoe leiden. Als wijziging plaatsvindt, kan dit zorgen voor een aanpas-

sing van het ontwerp. Hiervoor wordt een impactanalyse uitgevoerd. Deze geeft aan welke eisen of wijzigingen zijn toegevoegd en toetst de gevolgen hiervan. De analyse geeft ook aan welke documenten daardoor revisie nodig hebben. Het is goed mogelijk dat een wijziging in de eisen, het ontwerp of het gerealiseerde product leidt tot het (opnieuw) uitvoeren van een verificatie en/of validatie.

Afwijkingen

Het kan gebeuren dat de gekozen oplossing van de opdrachtnemer niet voldoet aan de contractspecificatie. Dit is mogelijk bij optimalisaties, of wanneer de contractspecificatie niet uitvoerbaar bleek. Als het een niet-herstelbare afwijking betreft, moet de opdrachtnemer met de opdrachtgever een wijziging afstemmen, die leidt tot aanpassing van of het vervallen van de betreffende eis uit de contractspecificatie. Daarnaast wordt de gekozen alternatieve oplossing met de belanghebbenden afgestemd (validatie).



Competenties bij de doorontwikkeling

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die van belang zijn als de contracten zijn afgesloten en er wordt gewerkt aan de detailengineering:

1 Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.

6 Nieuwsgierig zijn en doorvragen.

9 Vooropstellen van het maatschappelijk en gezamenlijk belang, boven het eigen belang.

Tijdens de uitwerking van het systeem moeten de verschillende partijen steeds voor ogen houden dat er in de GWW-sector gewerkt wordt aan maatschappelijke problemen en systemen. Vaak gefinancierd met gemeenschapsgeld. Dit vraagt van de betrokkenen dat ze streven naar de beste prijs-prestatieverhouding. Dit met oog op het maatschappelijk belang. Ook vraagt het van medewerkers dat ze het eigen belang ondergeschikt maken aan het belang van het project.

V. Uitvoering

Zodra de eerste paal de grond in gaat, nodigt de minister de wethouders, opdrachtnemer en burgers van Donk en Raaksmeer uit voor een bescheiden feestje op de nieuwe locatie van de projectontwikkelaar.

Nog niet alle delen van het ontwerp zijn volledig af, maar voor die delen die zijn geverifieerd en gevalideerd kan worden gestart met de uitvoering. Terwijl de eerste paal de grond in gaat, werkt de staalleverancier al hard aan het beweegbare deel van brug; de val. **V.1** De opdrachtnemer toetst op regelmatige basis het proces van de leverancier en voert steekproeven uit op het gerealiseerde product van de staalleverancier. **V.2**

Niet veel later zijn de landhoofden gereed, terwijl het baanlichaam hiernaartoe inmiddels is aangelegd. De opdrachtnemer heeft het betonwerk gekeurd volgens alle kwaliteitseisen die eraan zijn gesteld. **V.3** **V.4** In de basculekelder werkt men ondertussen hard door, zodat alles op tijd klaar is als de staalleverancier een week later de val invaart. Tijdens de ontwerpfase is met de vaarwegbeheerder afgesproken dat dit invaren in de nacht van zondag op maandag plaatsvindt. Dit beperkt de hinder voor het vaarverkeer tot een minimum.

V.1

Belanghebbenden betrekken bij ontwerpkeuzes

Vanaf de start van het ontwerp dienen alle relevante belanghebbenden te worden betrokken bij ontwerpkeuzes, dus ook interne belanghebbenden als de beheers- en onderhoudsorganisatie. Deze organisaties dienen zich zelf ook proactief op te stellen. Belangrijke aspecten om mee te nemen in het ontwerp zijn uitvoerbaarheid, onderhoudbaarheid en de kosten over de hele levenscyclus. Een sterke integratie van ontwerp en uitvoering is nodig om een efficiënte ontwerp- en uitvoeringsplanning te kunnen maken. Samen met de uitvoering kan bepaald worden welke uitvoeringstekeningen als eerste nodig zijn om met de uitvoering te kunnen starten. Zo kan de uitvoering starten, terwijl het ontwerp nog niet volledig klaar is. Het is daarbij belangrijk dat inzicht bestaat in de raakvlakken met dat deel van het ontwerp dat nog niet (volledig) is afgerond. Zo'n goede afstemming tussen ontwerp en uitvoering kan zorgen voor een aanzienlijke optimalisatie in doorlooptijd en geld.

V.2

Verificatie en validatie door onderaannemers

Vaak ontwerpen en bouwen leveranciers en onderaannemers een deel van het hele systeem. Zij zijn daarmee verantwoordelijk voor de verificatie en validatie van dit deel. De opdrachtnemer is dan opdrachtgever voor deze leverancier of onderaannemer. Ook hier vinden verificatie en validatie plaats. **IV.10** De opdrachtnemer kan in zijn rol als opdrachtgever bijvoorbeeld van de onderaannemer vragen dat deze een strategie voor verificatie en validatie vastlegt. **IV.2** Hij kan ook gebruikmaken van audits om deze te toetsen. Het is goed hier vooraf duidelijke afspraken over te maken.

V.3

Verificatie en validatie in de uitvoering

Tijdens de integratie van het systeem bij de uitvoering, keurt men of het systeem voldoet aan de gestelde eisen. Daarbij wordt getoetst of daadwerkelijk is gebouwd wat is ontworpen. Keuren kan zowel een verificatie- als validatiemethode zijn. In principe worden alle eisen ook in de uitvoeringsfase geverifieerd. Net als tijdens het ontwerp stemt men de gekozen methoden namelijk



De maatvoeringscontrole van zowel de opdrachtnemer als de staalleverancier voldoet: de val past tussen de landhoofden. De val wordt vergrendeld in de open stand en de installateur, die verantwoordelijk is voor het werkpakket installaties, start met het voltooien van de besturing en de signalering. Alle signalering en besturingsonderdelen worden afzonderlijk getest. Na twee maanden is het zover: de brug kan in zijn geheel worden getest. Samen met de provincie, die de brug gaat exploiteren, test men de brug op alle gevraagde functies: gewone bediening, noodbediening, noodstroom en signalering. Alles blijkt te werken; de brug kan in gebruik worden genomen. **V.5**

Omdat de opdrachtnemer de brug gaat onderhouden, draagt deze de brug nog niet over. Hij levert de gebruiksvorschriften aan de provincie. Wel draagt de opdrachtnemer de faunatunnels over. Hij verzamelt hiervoor de informatie waarvan vooraf is afgesproken dat deze nodig is. Dit zijn bijvoorbeeld de onderhoudsvorschriften, de as built-tekeningen, de uitgevoerde verificaties en validaties en het V&G-dossier (Veiligheid en Gezondheidsdossier). Donks Landschap gaat akkoord met het overdrachtdossier conform de ILS **VI.6** en neemt de faunatunnels in beheer. **V.6**

vooraf af met de belanghebbenden. Het kan zo zijn dat de opdrachtgever een voorkeur heeft voor het uitvoeren van een bepaalde verificatiemethode (keuring), bijvoorbeeld de wijze van uitvoering van een stroefheidsmeting. Deze wordt dan als randvoorwaarde aan de verificatiemethode bij een eis in de contractspecificatie opgenomen. Het kan gebeuren dat eisen gezien het risicoprofiel geen keuring nodig hebben. Denk bijvoorbeeld aan het exact inmeten van de posities van bebording. De opdrachtnemer kan dan al vroeg met de opdrachtgever afstemmen dat voor deze eisen geen keuring nodig is. Dit legt deze vervolgens vast in het V&V-managementplan of in de V&V-plannen.

V.4

Kwaliteitssysteem en aantoonbaarheid

Er ligt een grens tussen aantoonbaarheid en vakmanschap. Deze grens verschilt echter van situatie tot situatie en is daarbij afhankelijk van het risicoprofiel van het project of onderdelen ervan. Het moet daarom helder in het V&V-managementplan en de V&V-plannen worden vastgelegd, waar wordt uitgegaan van vakmanschap. Dit moet ook vooraf worden afgestemd met de belanghebbenden. Dit voorkomt discussie achteraf.

V.5

Testen

Voorafgaand, tijdens en na integratie van het systeem vinden diverse tests plaats. Testen is een vorm van verificatie: voldoet het (deel van het) systeem aan de eisen. Het kan echter ook validatie zijn: doet het systeem wat de gebruiker ervan verwacht? De resultaten van deze tests worden als bewijsvoering opgevoerd in het V&V-rapport van het betreffende (onderdeel van het) systeem. Bij alle hierna genoemde testen is de afnemer van het product aanwezig. Bij de afname van de componenten, bijvoorbeeld de werking van een scheepvaartsein, test men de componenten bij de leverancier (Factory Acceptance Test (FAT)). Op de bouwplaats wordt deze component dan nogmaals getest. Dit kan losstaand van het deelsysteem of geïntegreerd ter plekke met een Site Acceptance Test (SAT), waarbij de variant al geïntegreerd in het deelsysteem ook wel een Integral Site Acceptance Test (iSAT) wordt genoemd. In het voorbeeld van het scheepvaartsein is dit bijvoorbeeld de scheepvaartseininstallatie. Blijkt dit goed te werken, dan is het van belang ook de integratie met het totale systeem te testen. In dit voorbeeld betekent dit dat getest wordt of de scheepvaartseinen goed samenwerken met het bedieningssysteem van de brug. Dit kan plaatsvinden als het volledige systeem is afgerond. De tests richten zich dan op de gevraagde systeemfuncties, Site Integration Test (SIT). Deze systeemfuncties zijn bijvoorbeeld gespecificeerd in een Operational Concept Descriptions (OCD). **II.2**

Professioneel opdrachtgeverschap

Opdrachtnemers zijn vaak op hun beurt opdrachtgever voor de (onder)aannemers en leveranciers. Deze opdrachtnemers dienen zich op te stellen als professioneel opdrachtgever. Dit betekent dat ze een goed gespecificeerde en gedocumenteerde uitvraag doen en dat ze risicogestuurde audits uitvoeren bij onderaannemers en leveranciers. Dit borgt de kwaliteit van de documenten van deze leveranciers en voorkomt dat achteraf informatie moet worden nagezocht.

Competenties in de uitvoering

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die tijdens de uitvoering van belang zijn:

1 *Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.*

5 *Abstraheren en concretiseren afwisselen; variëren in afstand nemen en de details onderzoeken.*

7 *Open, niet-defensief overleggen.*

In de realisatiefase komt ook zicht op het opleverdossier. Het is zaak om zo vroeg mogelijk de verwachtingen over dit dossier te bespreken. Houd hierbij oog voor het belang van alle gesprekspartners en wees open en eerlijk. Dit geldt voor de grens van opdrachtgever en opdrachtnemer maar ook voor relaties binnen consortia of tussen de verschillende disciplines bij een opdrachtnemer.

8 *Aandacht voor conflicthantering.*

Zorg dat er in deze fase een escalatiemodel ligt, zodat hierop teruggegrepen kan worden als er een conflict ontstaat. Zorg dat conflicten met oog voor de mensen worden opgelost en niet persoonlijk worden uitgespeeld.

10 *Accuratesse en inzicht.*

In deze fase kan bijvoorbeeld een monteur geconfronteerd worden met de situatie dat bepaalde tekeningen niet uitvoerbaar blijken. Waarschijnlijk vindt hij ter plekke een oplossing om de beoogde situatie te realiseren. Dit vraagt echter wel om toetsing van het uitgevoerde werk. Heeft de nieuwe oplossing impact op andere systeemdelen en hun ontwerpen? Ook moet de aanpassing worden doorgevoerd voor de beschikbaarheid van accurate as built-gegevens. Daarbij is het belangrijk dat de ontwerper wordt geconfronteerd met de aanpassing. Dit voorkomt herhaling van fouten en zorgt voor een leercurve over de disciplines heen.

VI. Onderhoud

Dan volgt het moment dat de bouw gereed is en het systeem in gebruik wordt genomen. Het overdrachtdossier wordt samengesteld. De opdrachtnemer draagt de verantwoordelijkheid voor de aansluitende wegen over aan de gemeente en die voor het spoor aan ProRail. De weg en brug vallen onder het beheer van de provincie, terwijl een door de opdrachtnemer opgezette onderhoudsorganisatie het onderhoud verzorgt. Daarbij bestaan goede afspraken tussen eigenaar en opdrachtnemer over de verdeling van taken en verantwoordelijkheden.

Op basis van de eisen die de opdrachtgever aan de beschikbaarheid van de brug stelt is al tijdens de ontwikkeling van het ontwerp aangetoond dat de toe te passen systeemdelen voldoen aan deze beschikbaarheidseisen. **VI.1** Ook werden al eisen gesteld aan het type inspecties en de gewenste frequentie die tijdens de onderhoudsperiode nodig zijn. **VI.2** Dit om de gewenste beschikbaarheid te kunnen realiseren. Na vijf jaar blijkt een onderdeel van de besturing veel sneller te slijten dan verwacht. De brug dreigt hierdoor de gevraagde beschikbaarheid niet te halen. De opdrachtnemer grijpt terug op de eisen uit het contract, analyseert de kosten

VI.1

RAMS-analyse

De RAMS-analyse is een belangrijke ontwikkelingsmethodiek die al vanaf de initiatieffase kan en soms moet worden toegepast. De keuzes in de voorgaande fasen zijn daardoor van invloed op de RAMS-aspecten tijdens de onderhoudsfase.

RAMS-analyses brengen de mate van betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid in samenhang in kaart. Daarbij worden de mogelijke scenario's die kunnen leiden tot verminderde prestatie op deze aspecten ook traceerbaar vastgelegd. De informatie uit de RAMS-analyses kan voor deze vier aspecten worden vertaald in RAMS-eisen. Deze eisen verwoorden de prestaties die een infrastructureel netwerk moet leveren. Met behulp van de resultaten uit verschillende analyses kunnen de juiste afwegingen worden gemaakt bij het ontwerpen van een systeem. De RAMS-analyse doorloopt de gehele levenscyclus en maakt integraal deel uit van de ontwerpbeslissingen op elk niveau. Meer over RAMS is te vinden in de Leidraad RAMS op www.leidraadse.nl.

VI.2

Inspectie- en onderhoudsstrategie

Een systeem en de daaraan gestelde eisen vragen om een integrale benadering van de ontwikkeling hiervan en het vaststellen van een inspectie- en onderhoudsregime. De in de concept- en ontwikkelingsfase gemaakte keuzes zijn van invloed op de uit te voeren inspecties en het uit te voeren onderhoud. Een beweegbare brug vraagt bijvoorbeeld om ander onderhoud dan een tunnel. Andersom beïnvloeden de wijze van onderhoud en inspectie de keuzes in de voorgaande fasen. Als ergens een inspectie moet worden uitgevoerd, moet in het ontwerp wel een inspectiepad zijn opgenomen. Voor een integrale benadering dient vanaf de start van het project de kennis uit de onderhoudsorganisatie te worden gebruikt bij het maken van keuzes. De RAMS-analyse **VI.1** en LCC-analyse **VI.4** zijn hierbij belangrijke hulpmiddelen.

VI.3

Vervanging bij onderhoud

Wanneer tijdens de onderhoudsfase preventief of correctief onderhoud plaatsvindt, zorgt dit voor vervanging van delen of elementen van het systeem. Nieuwe ontwikkelingen zorgen ervoor dat deze onderdelen vaak niet door

exact hetzelfde onderdeel kunnen worden vervangen. Hierdoor is het nodig dit nieuwe onderdeel ook te toetsen aan de eisen. Deze vervangingen kan men beschouwen als een klein project, waarbij dezelfde processen worden doorlopen als gebruikelijk bij een project. Voor dit systeem of interest doorloopt men dezelfde SE-stappen zoals in de voorgaande fasen van deze case omschreven (zie de kleine V's rechts in figuur 18, pag.46).

VI.4

Levenscyclusbenadering

SE richt zich op de klantbehoeften tijdens de gehele levenscyclus. Daarom sturen alle processen op optimalisatie over de levenscyclus van een systeem: de levenscyclusbenadering. Voor een gedegen analyse van de levenscyclus zijn verschillende methoden en technieken beschikbaar. In **VI.1** benoemen we de RAMS-analyse. Een andere methode is de Life Cycle Costs-analyse (LCC).

Levenscycluskosten

De levenscycluskosten (Life Cycle Cost) zijn alle kosten die door de eigenaar worden gemaakt om een systeem te verwerven, te exploiteren tegen de gewenste eisen en af te stoten. Met een LCC-analyse wordt het totaal aan levenscycluskosten ingeschat en de invloed van belangrijke factoren op deze kosten geanalyseerd. Een LCC-analyse is in elke fase van belang. Bij elke ontwerpkeuze kan worden bepaald welke invloed deze keuze heeft op de totale kosten van de levenscyclus. Het op elkaar afstemmen van ontwerp, gebruik, instandhouding en sloop van het systeem zorgt voor realisatie

van de gewenste prestaties van het systeem tegen minimale levenscycluskosten. Denk hierbij niet alleen aan de kosten, maar bijvoorbeeld ook aan de gevolgen voor aspecten als veiligheid en onderhoudbaarheid. **VI.1**

VI.5

Configuratiemanagement

Elk systeem kent een bepaalde configuratie. Veel van de projecten in de GWW-sector zijn aanpassingen in de bestaande configuratie. De configuratie van een systeem dient daarom al voorafgaand aan het project te zijn vastgelegd in bijvoorbeeld een configuratiemanagement-database (CMDB). Als dit niet is gebeurd, dan is het van belang zo vroeg mogelijk te starten met het opzetten van een dergelijke database. Het is gedurende de gehele levenscyclus van belang de configuratie van het systeem helder en traceerbaar vast te leggen. Ook bij kleine projecten tijdens de onderhoudsfase moet configuratiemanagement plaatsvinden.

Configuratie-items

De configuratie is het geheel van objecten waaruit het systeem bestaat, aangevuld met relevante documenten als ontwerpafwegingen en kostenramingen. Deze onderdelen heten configuratie-items. Dit zijn bijvoorbeeld: objecten uit de SBS, software en operators (zie ook: ISO 10007, guidelines for configurationmanagement).

Doel configuratiemanagement

Configuratiemanagement zorgt ervoor dat alle project-medewerkers steeds effectief gebruik kunnen maken van

dezelfde, accurate informatie. Het realiseert dat de deelproducten onderling overeenkomen en dat wijzigingen beheerst worden doorgevoerd. Hiermee worden fouten voorkomen. Binnen het project dient bepaald te worden hoe hieraan invulling wordt gegeven. Bepaal daarbij welke baselines er worden gebruikt, welke informatie hiervan onderdeel is en hoe met wijzigingen wordt omgegaan.

Baseline

Een baseline is de doorsnede van de CMDB op een bepaald moment. Het geeft de formeel 'bevoren' status van een systeem. Het resulteert in een – door de partijen vastgestelde – complete documentatieset van het systeem op een vastgesteld moment. Daarbij blijven sommige documenten, zoals een planning, zich ontwikkelen. Een baseline is vooral bedoeld om beslissingen te kunnen nemen, bijvoorbeeld dat naar een volgende fase kan worden gegaan. Bij een baseline horen vooraf bepaalde resultaatverplichtingen en acceptatiecriteria.

Koppelen configuratiegegevens

Aan ieder configuratie-item koppelt men configuratiegegevens. Voorbeelden hiervan zijn: objectgebonden specificatiedocumenten, verificatie- en validatierapporten en as built-gegevens. De technische configuratiegegevens zijn gerelateerd aan de aan het systeem gestelde eisen.

Configuratie-dossier

Door configuraties te documenteren in een configuratie-dossier (vaak een database), beschikken de projectmedewerkers tijdens de hele levensduur van het systeem over

gedurende de levenscyclus en past een nieuw systeemdeel in. **VI.3** **VI.4**

Dit systeemdeel legt hij vast in de sinds de start van het project operationele, configuratiemanagement-database. Zo is steeds de meest actuele configuratie van de brug beschikbaar. **VI.5** **VI.6**

31 december 2033 is de definitieve einddatum van het project. Hier vindt de overdracht naar de opdrachtgever plaats. De inwoners van Donk en Raaksmeer zijn dan alweer jaren gewend aan de goede bereikbaarheid. Het evenementencomplex is een populair uitje in de regio. En de kinderen uit Raaksmeer weten niet beter dan dat je daar – via de brug over de Poel – zó bent.

accurate gegevens van alle beschikbare configuratie-items. Het is de bedoeling dat alle partijen binnen het project vanuit dezelfde informatie werken. Maak hierover afspraken, ook – of misschien wel juist – op het raakvlak tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.

Een goed beeld van de configuratie maakt het makkelijker om gestructureerd met wijzigingen om te gaan. Bij een voorstel tot wijziging volgt een impactanalyse op basis van de juiste en actuele informatie. Dit brengt de effecten van een wijziging in beeld. Op basis hiervan kan men besluiten of de wijziging acceptabel is, waarna deze – als dit het geval blijkt – beheerst kan worden doorgevoerd.

VI.6

BIM inzetbaar bij configuratie- en informatiemanagement

Een BIM (Bouwwerk Informatie Model) is een middel om invulling te geven aan zowel configuratiemanagement als informatiemanagement bij SE. Een BIM is een digitale weergave van onder meer de functionele, fysieke en geometrische karakteristieken van een bouwwerk. De kern van het BIM bestaat vaak uit een 3D-model, maar dat is slechts één van de mogelijke weergaven. Het omvat relevante projectdata zoals: eisen, risico's, raakvlakken, uitgangspunten en documenten, gekoppeld aan de onderkende objecten binnen een bouwwerk.

Het BIM is tijdens de levensduur van het bouwwerk een belangrijke referentie en gegevensbron voor alle werkzaamheden van specificatie tot sloop. Het BIM is uitgangspunt voor en ondersteunend bij activiteiten en

besluitvorming in de levenscyclus van een bouwwerk. Het toepassen van een BIM dient vanaf dag één goed te worden opgepakt. Een BIM is op alle detailniveaus in te steken en sluit aan bij de behoefte van projecten in alle fasen. Bij de conceptfase is een BIM nuttig om inzicht te geven in de integrale inpassing van het systeem in de omgeving. Het model kan helpen bij het verkrijgen van draagvlak, omdat het voor belanghebbenden de impact inzichtelijker maakt.

Informatieoverdracht

De verschillende partijen kunnen besluiten om één gezamenlijke BIM-database in te richten. In andere gevallen richten de betrokkenen in het bouwproces ieder hun eigen BIM-database (of databases) in. Hierin leggen ze dat deel van het BIM vast dat relevant is voor hun eigen werkprocessen. De informatieoverdracht tussen de partijen in het bouwproces vindt daarbij plaats door het versturen van BIM-containers. Dit zijn informatiepakketten die de onderliggende BIM-databases kunnen uitwisselen. De gevraagde inhoud van een BIM-container ligt vast in een Informatie Levering Specificatie (ILS). Een ILS is een essentieel onderdeel van een contract. De uitwisseling tussen de diverse BIM-databases wordt mogelijk door het afspreken van een gemeenschappelijke taal, de Concepten Bibliotheek voor de Gebouwde Omgeving (CB-NL). Deze wordt momenteel in opdracht van de Bouw Informatie Raad (BIR) ontwikkeld.





Competenties bij het onderhoud

Het hoofdstuk 'Houding en gedrag' (2.4) beschrijft tien competenties die belangrijk zijn bij SE. Deze competenties kan men inzetten in alle levensfasen van systemen. Wel zijn er zwaartepunten aan te wijzen waar competenties zeker gewenst zijn. We benoemen in elk van de zes fasen van deze case de belangrijkste gewenste competenties. Daarbij geven we bij elke competentie één keer in deze case een voorbeeld van hoe deze kan worden ingezet.

Competenties die van belang zijn tijdens het onderhoud:

- 1 Denken en praten in samenhang en zo verbanden zichtbaar maken.*
- 2 Vooruitdenken, scenario's ontwikkelen en toetsen.*
- 3 Reflecteren en daarbij 'hoe het werkelijk ging' vergelijken met de verwachtingen vooraf.*

Net na ingebruikname van het systeem is een goed moment om stil te staan bij het verloop van voorgaande fasen. Natuurlijk moeten partijen tijdens het hele project stilstaan bij leerervaringen, maar in deze fase mag het nog nadrukkelijker aandacht krijgen. Het ophalen van leerervaringen kan alle betrokken partijen voordeel opleveren voor de toekomst.

Afkortingen- en begrippenlijst

Hiernaast een overzicht van in de uitgave gebruikte afkortingen en de begrippen, met de definitie van het begrip zoals die voor deze Leidraad geldt.

<i>BIM</i>	Bouwwerk Informatie Model
<i>CMMI</i>	Capability Maturity Model Integration (gebruikt in CMMI-model)
<i>CRS</i>	Customer Requirements Specification
<i>DBM</i>	Design, Build and Maintain
<i>DBFM</i>	Design, Build, Finance and Maintain
<i>DBFMO</i>	Design, Build, Finance, Maintain and Operate
<i>EMVI</i>	Economisch Meest Voordelige Inschrijving
<i>FAST</i>	Function Analysis System Technique
<i>FAT</i>	Factory Acceptance Test
<i>FFBD</i>	Functional Flow Block Diagram
<i>FO</i>	Functioneel Object
<i>GARM</i>	General AEC Reference Model (hamburgermodel)
<i>GWV</i>	Grond-, Weg- en Waterbouw
<i>ILS</i>	Informatieleveringsspecificatie
<i>INCOSE</i>	International Council on Systems Engineering
<i>IPMA</i>	International Project Management Association
<i>iSAT</i>	Integral Site Acceptance Test
<i>ISO</i>	International Standards Organization
<i>KES</i>	Klant Eisen Specificatie
<i>LCC</i>	Life Cycle Costs
<i>MBSE</i>	Model-based Systems Engineering
<i> OCD</i>	Operational Concept Description
<i>OTB</i>	Ontwerp Tracé Besluit
<i>RAMS</i>	Reliability, Availability, Maintainability en Safety
<i>SAT</i>	Site Acceptance Test
<i>SBS</i>	System Breakdown Structure (systeemdecompositie)
<i>SIT</i>	Site Integration Test
<i>SMART</i>	Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch en Tijdgebonden
<i>TB</i>	Tracé Besluit
<i>TO</i>	Technische Oplossing
<i>VE</i>	Value Engineering
<i>WBS</i>	Work Breakdown Structure

Begrippen

4-partijoverleg Stuurgroep van vertegenwoordigers van Bouwend Nederland, NLIingenieurs, de Vereniging van Waterbouwers, Uneto-VNI, ProRail en Rijkswaterstaat die de implementatie van SE binnen de GWW-sector stimuleren en afstemmen. Doordat het overleg in eerste instantie plaatsvond tussen 4 partijen (ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland en NLIingenieurs) luidt de naam 4-partijoverleg. De naam is niet aangepast, maar de 6 partijen zijn gelijkwaardig in hun deelname.

Aspect Specifieke eigenschap van het te ontwikkelen systeem.

Aspecteis De beschrijving van de gevraagde prestatie van een systeem aangaande een aspect.

Availability Zie Beschikbaarheid.

Baseline Formeel 'bevoren' status van een systeem, die dient als referentie voor verdere werkzaamheden.

Beheer Het treffen van maatregelen en activiteiten waarmee de functie van een systeem beschikbaar blijft.

Belanghebbende Een partij die een recht in of belang bij een systeem heeft.

Beschikbaarheid De waarschijnlijkheid dat de vereiste functie op een willekeurig moment kan worden uitgevoerd onder gegeven omstandigheden.

Betrouwbaarheid De waarschijnlijkheid dat de vereiste functie wordt uitgevoerd onder gegeven omstandigheden gedurende een bepaald tijdsinterval.

Bouwwerk Informatie Model (BIM) Een digitale beschrijving van een (bestaand of in de toekomst mogelijk bestaand) concreet aanwijsbaar bouwwerk in de gebouwde

omgeving relevant voor de hele levenscyclus en toeleverketen van dat bouwwerk.

Configuratie Functionele en materiële eigenschappen van een product, zoals omschreven in technische documentatie en gerealiseerd in het product.

Configuratiemanagement De technische en organisatorische activiteiten voor het identificeren, beheersen en verantwoorden van de status alsmede het auditen van configuraties.

Contractspecificatie Contractdocument waarin de uitvraag van een opdrachtgever aan (potentiële) opdrachtnemer(s) wordt geuit. Binnen D&C-contracten wordt dit vraagspecificatie en binnen DBFM output-specificatie genoemd.

Decomponeren Het proces waarin een geheel wordt opgedeeld in delen.

Decompositie Een hiërarchisch gestructureerde verzameling gelijksoortige grootheden volgens de regel 'is onderdeel van' of 'is afgeleid van'.

Eis Beschrijving van de gevraagde eigenschap van het te leveren product of de te leveren dienst, als onderdeel van de systeemspecificatie.

Functie Beoogde werking en/of verrichting van een systeem.

Functieanalyse Proces dat op complete wijze de functies en hun relaties identificeert en beschrijft, en deze functies systematisch karakteriseert, classificeert en evalueert.

Gebruiksfase Tijdsbestek tussen ingebruikname en uitgebruikname waarin een object zijn functie vervult.

Integreren Het samentellen van het systeem dat overeen-

komt met het gespecificeerde ontwerp.

Klant Belanghebbende bij de ontwikkeling van een systeem. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen betalende en niet-betalende klanten.

Klant Eisen Specificatie (KES) (Customer Requirements Specification (CRS)) Document dat de klantvraag specificiert in termen van probleemdefinitie, projectdoelstellingen, system of interest en bijbehorende eisen en wensen per klant.

Klantvraag Verzameling van behoeften en randvoorwaarden van de belanghebbenden.

Lean Een filosofie voor het verbeteren van efficiëntie en het elimineren van verspillingen en activiteiten zonder toegevoegde waarde.

Levenscyclus (Life Cycle) De ontwikkeling van een systeem in de tijd. De ontwikkeling wordt gekarakteriseerd door fasen.

Maintainability Zie Onderhoudbaarheid.

Object Een afzonderlijk identificeerbaar onderdeel van een fysiek geheel.

Onderhoud Activiteiten die worden uitgevoerd met het doel de functies van een systeem gedurende de gebruiksduur op het vereiste kwaliteitsniveau in stand te houden.

Onderhoudbaarheid (Maintainability) De waarschijnlijkheid dat de activiteiten voor onderhoud kunnen worden uitgevoerd binnen de hiervoor vastgestelde tijden, onder gegeven omstandigheden teneinde de vereiste functie te kunnen (blijven) uitvoeren.

Ontwerp De in documenten vastgelegde uitwerking van de oplossing van een systeem, als onderdeel van de systeemspecificatie.

Ontwerpen Het creatieve proces, onderdeel van het specificeren, om tot de optimale uitwerking van de oplossing te komen.

Ontwerpvrijheid De mate waarin nog verschillende keuzes mogelijk zijn binnen het proces van ontwerpen.

Ontwikkefase De periode van voorbereiden, ontwerpen, analyseren en specificeren.

Oplossingsruimte Beschikbare ruimte (fysiek en niet-fysiek) waarbinnen een oplossing moet worden gerealiseerd.

Proces Geheel van samenhangende of elkaar beïnvloedende activiteiten dat input omzet in output.

Projectmanagement Het plannen, delegeren, bewaken en beheersen van alle aspecten van het project, en het motiveren van de betrokkenen om de projectdoelstellingen te realiseren binnen de verlangde prestatiedoelen.

Projectscope Het totaal van producten en diensten dat in het kader van een project dient te worden geleverd.

Raakvlak Een onderlinge verbinding (associatie, drager, kanaal) tussen twee systeem(delen), waarlangs een (soms dynamische) wisselwerking of interactie tussen die elementen kan plaatsvinden.

Reliability Zie Betrouwbaarheid.

Rework Werkzaamheden die voortkomen uit eerder gemaakte fouten of nieuwe inzichten in een latere fase van het systeem. Hiervoor bestaat nog geen Nederlandse term die de lading dekt. De kosten die uit rework voortkomen noemen we faalkosten.

Risico De kans dat een gebeurtenis plaatsvindt vermenigvuldigd met het gevolg van die gebeurtenis en de kans dat een bepaald scenario waarin eerder genoemde kans

plaatsvindt (dit in tegenstelling tot het begrip onzekerheid, waarbij de kansen niet bekend zijn).

Safety Zie Veiligheid

Scope Zie Projectscope.

Specificatie Een document met daarin de verzameling geordende eisen en beschrijving van de beschikbare oplossingsruimte dan wel de gekozen oplossing met de oplossingsmarge die geldt voor een systeem (product of dienst).

Specificeren Het proces om met interactie tussen analyseren, structureren, alloceren en ontwerpen te komen tot de vastlegging van de eisen en de beschikbare oplossingsruimte dan wel de gekozen oplossing met de oplossingsmarge.

Stakeholder Zie Belanghebbende.

Systeem Een, afhankelijk van het gestelde doel, binnen de totale werkelijkheid te onderscheiden verzameling elementen, die onderlinge relaties hebben.

Systeemdecompositie (SBS) (System Breakdown Structure) Hiërarchische objectstructuur van het systeem.

Systeendenken Benadering of denkwijze waarbij complexe problemen en mogelijke oplossingen vanuit het grotere geheel en gestructureerd worden beschouwd.

Systeemelement De kleinste eenheden van een systeem, waarbij de interne opbouw en relaties niet meer beschouwd worden.

Systeemontwikkeling Het proces van parallel en iteratief laten oplopen van eisen en ontwerp.

Systeemspecificatie Een gestructureerd overzicht van het betreffende systeem, de beschikbare oplossingsruimte, een beschrijving van de benodigde functionaliteiten,

de context van het systeem, de geïdentificeerde raakvlakken met (andere systemen in) de omgeving, de eisen gesteld aan het systeem alsmede een beschrijving van de gemaakte ontwerpkeuzes.

System Breakdown Structure Zie Systeemdecompositie.

System of interest Wijze waarop een individuele belanghebbende het systeem beschouwt.

Trade-off matrix Tabel om varianten onderling te vergelijken om een objectieve keuze te kunnen maken.

Uitvoering Het proces van realisatie van het ontwerp.

Validatie Bevestiging door de levering van objectief bewijs dat aan de eisen voor een specifiek beoogd gebruik of een specifiek beoogde toepassing is voldaan.

Value Engineering Systematische, multidisciplinaire benadering om met behulp van functieanalyse- en creatieve technieken de waarde van een systeem, over de gehele levensduur, te optimaliseren.

Varianten Uitgewerkte mogelijke oplossingen.

Veiligheid De mate waarin iemand (of iets) is gevrijwaard van (de effecten van) gevaarlijke situaties.

Verificatie Bevestiging dat aan gespecificeerde eisen is voldaan door het verschaffen van objectief bewijs.

V-model Een weergave van het iteratieve proces van top-down specificeren en bottom-up realiseren. Er bestaan verschillende interpretaties en weergaven van V-modellen met elk een eigen doel.

Werkpakket Set van samenhangende activiteiten met gedefinieerde input en output.

Work Breakdown Structure (WBS) Hiërarchische opdeling van een project in activiteiten.

Geraadpleegde literatuur

- Expliciet werken, Martin Lamers. Amersfoort, uitgeverij Dialoog, 2008. (ISBN 978-90-80812-28-4)
- General AEC Reference Model, ISO TC184/SC4/WG1 doc. 3.2.2.1, TNO report BI-88-150, October 1988
- Handboek specificeren – Bouwinitiatieven uitwerken tot klantgerichte ontwerpen, artikelnummer 289, Ede, CROW.
- Hand-out RAMS/LCC analyse, versie 3. Utrecht, ProRail, 2008.
- INCOSE Systems Engineering Handbook, versie 3.2.2; 2011.
- ISO 15288 (en) Systems and software engineering – System life cycle processes (ISO/IEC 15288:2008, IDT). Delft, 2008.
- Leidraad RAMS – Sturen op prestaties van systemen, versie 1, Rijkswaterstaat, 2010.
- Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector, versie 1.0. Utrecht, ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, NLingenieurs, 2007.
- Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector, versie 2.0. Utrecht, ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, NLingenieurs en Vereniging van Waterbouwers, 2009.
- Methodisch ontwerpen, H.H. Kroonenberg.
- SE gaat voor de baat, ProRail, 2011.
- Stappenplan Systems Engineering voor RWS-projecten – Van projectopdracht tot Vraagspecificatie. Utrecht, Rijkswaterstaat, 2010.
- Systems Engineering Fundamentals, Department of Defence; 2001.
- Systems Engineering Handbook – A guide for system life cycle processes and activities, version 3.1. San Diego, INCOSE, 2007.
- Systems Engineering Principles and Practice, Alexander Kossiakoff, William N. Sweet, Samuel J. Seymour, Steven M. Biemer. USA, John Wiley & sons, 2011.
- Systems Engineering: rollen en competenties, INCOSE (SIG GWW)
- SE-wijzer – Handleiding Systems Engineering voor BAM Infra. Bunnik, Koninklijke BAM Groep, 2008.

Informatieve websites over SE

www.leidraadse.nl

De website van het 4-partijenoverleg. Hier publiceren de 6 betrokken partijen, Rijkswaterstaat, ProRail, Bouwend Nederland, NLingenieurs, de Vereniging van Waterbouwers en Uneto-VNI, relevante publicaties en best practices.

www.incose.nl

Website van de organisatie die de toepassing van SE in Nederland bevordert.

www.crow.nl/systemsengineering

Bevat informatie over SE en specificeren. CROW richt zich met name op de decentrale overheden.

www.sebokwiki.org

De Wikipedia-omgeving van de Systems Engineering Body of Knowledge.

Colofon

Deze Leidraad versie 3 voor Systems Engineering binnen de GWW-Sector is opgesteld door ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, NLingenieurs, de Vereniging van Waterbouwers en Uneto-VNI. De eerste versie van de Leidraad Systems Engineering werd gepubliceerd in april 2007; de Engelstalige versie, met enkele aanpassingen op het origineel, volgde in mei 2008. Versie 2.0 is gedateerd op 27 november 2009. De voorliggende versie is gedateerd op 19 november 2013.

Werkgroep Leidraad Systems Engineering

Daan Alsem (NLingenieurs)
Jeannette Kamerman (Rijkswaterstaat)
Cees van Leeuwen (Bouwend Nederland)
Leo van Ruijven (UNETO-VNI)
Ton den Toom (ProRail)
Marco Vos (Vereniging van Waterbouwers)

Met dank aan

Robin de Graaf (namens Universiteit Twente)
Marcel Hertogh (namens Technische Universiteit Delft)
Wil Kling (namens Technische Universiteit Eindhoven)
Peter Storm (Kennis & Co)
De reviewers van de zes partijen:
Rijkswaterstaat, Prorail, Bouwend Nederland,
NLingenieurs, Vereniging van Waterbouwers, UNETO-VNI.
De reviewers van INCOSE NL
De reviewers van CROW
Deelnemers Expertgroepen Leidraad SE
Deelnemers managementsessie Systems Engineering
Deelnemers workshop Verificatie en Validatie bij NLingenieurs
Deelnemers bijeenkomst 'Op weg naar de Leidraad SE 3.0'
van Bouwend Nederland

Procesregie en tekst

Miranda van Ark, MVA Communicatie, Den Haag

Redactieteam

Miranda van Ark
Jeannette Kamerman
Cees van Leeuwen

Vormgeving

Gumtree Creatieve Communicatie, Amersfoort

Fotografie

Ben Wind, Ton Oosterhout, Wiep van Apeldoorn,
Thea van den Heuvel/DAPh
ProRail beeldbank: Chantal van den Berg, Gerrit Serné,
Taco Anema
Rijkswaterstaat beeldbank: Joop van Houdt

Druk

Grafisch Bedrijf Bokhorst, Nunspeet

ProRail



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



VERENIGING
VAN
WATERBOUWERS

NLINGENIEURS

UNETO VNI 



Bouwend Nederland
de vereniging van bouw- en infrabedrijven