

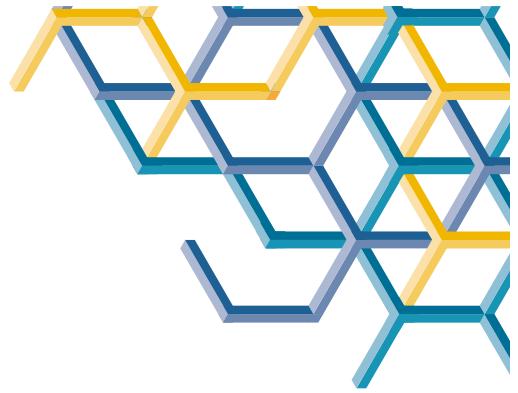


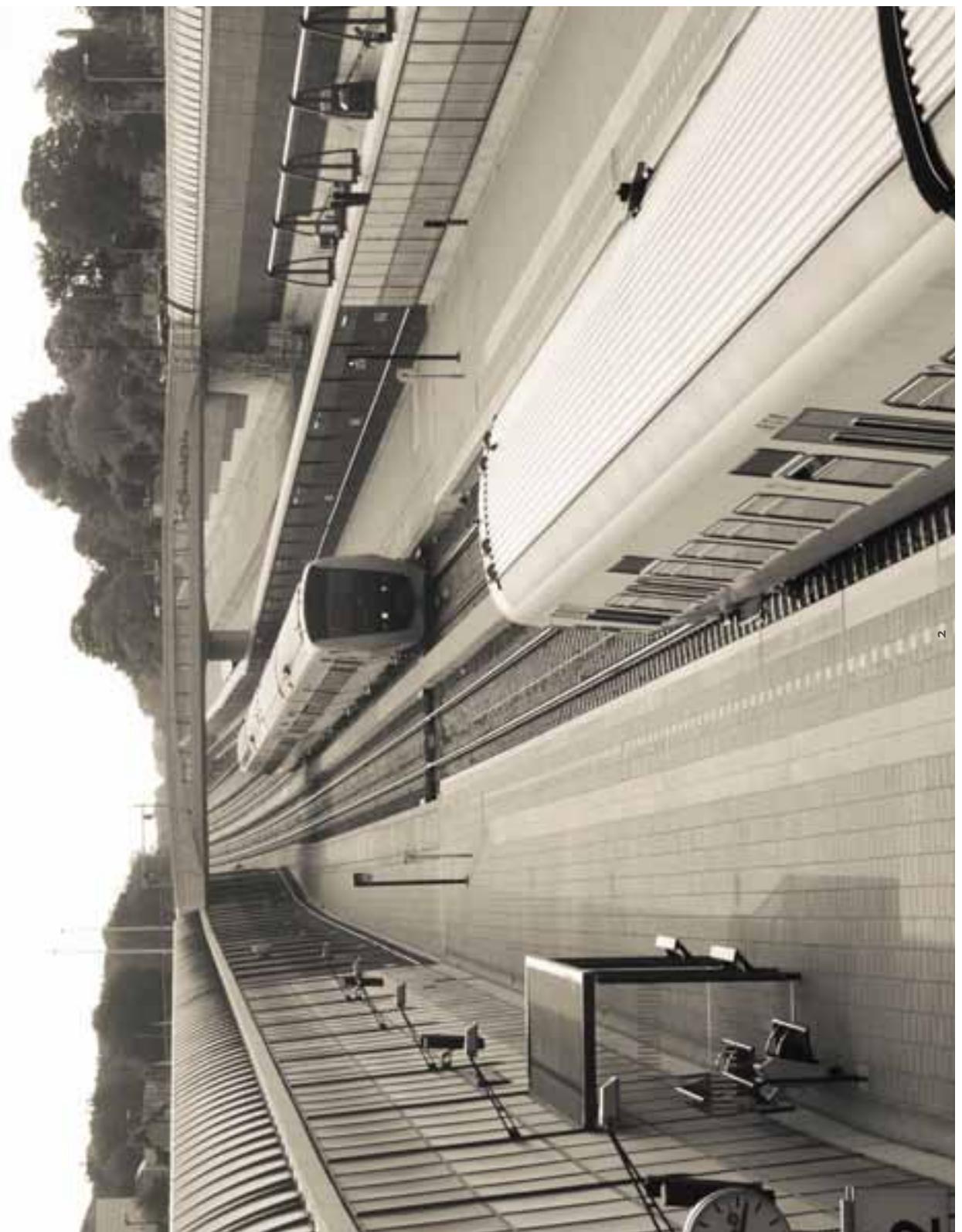
**Systems Engineering,
waarom zou je nog anders werken?**

pioneering
vernieuwt de bouw

Systems Engineering, waarom zou je nog anders werken?

© werkplaats Systems Engineering

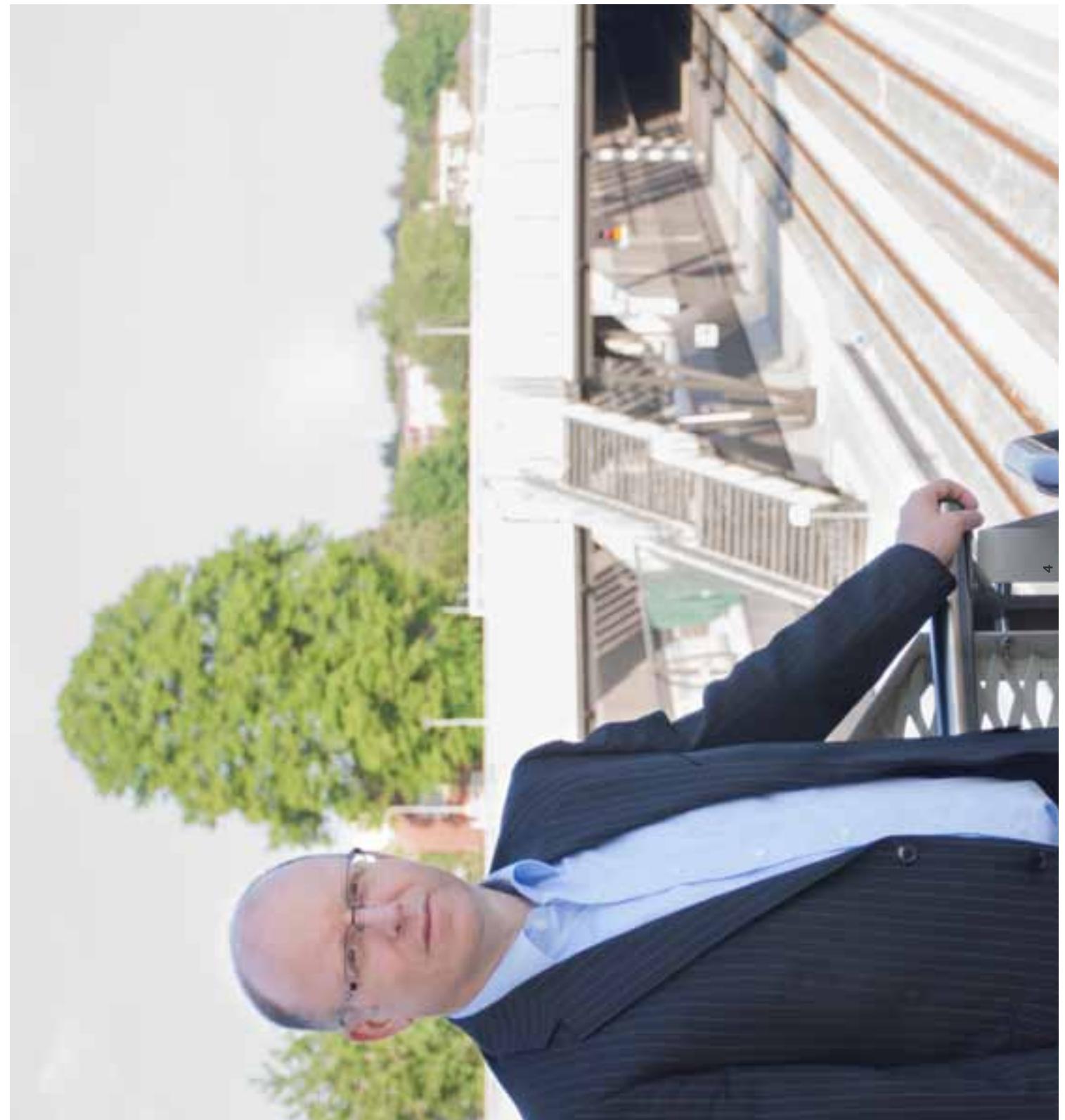




Inhoudsopgave

Woord vooraf	5
1. Pioneering	7
2. Systems Engineering in de woning- en utiliteitsbouw	13
3. Systems Engineering in de civiele bouw	31
4. Systems Engineering in het onderwijs	45
5. Kennisdeling	51
6. Systems Engineering in de publiciteit	58

pioneering
vernieuwt de bouw



Word vooraf

Systems Engineering. Voor verschillende partijen in de bouw is dit inmiddels een bekend begrip. Met name in de civiele betonbouw en infra heeft Systems Engineering de afgelopen jaren een enorme vlucht genomen. Partijen gebruiken de methodiek om structuur te brengen en te houden in de vaak enorme hoeveelheid eisen die van toepassing zijn op een project. In de woning- en utiliteitsbouw wordt Systems Engineering minder toegepast. De laatste jaren heeft de werkplaats Systems Engineering van Stichting Pioneering geprobeerd om nieuwe kennis hierover op te doen. Daarnaast hebben marktpartijen kennis uitgewisseld, waardoor Systems Engineering breder wordt toegepast.

In dit boekwerk kijken wij terug op de projecten die vanuit de werkplaats zijn uitgevoerd. Leuk om te zien is dat Systems Engineering zowel op grote complexe werken, zoals het Combiplan in Nijverdal, als op kleinere projecten, zoals de begraafplaats in Hellendoorn, succesvol als hulpmiddel kan worden toegepast.

Uit de belangstelling voor de diverse activiteiten en projecten van de werkplaats leid ik af dat Systems Engineering een toegevoegde waarde heeft tijdens het gehele bouwproces, zowel tijdens de voorbereiding als in de uitvoering. Een van de belangrijke doelstellingen van Pioneering is de uitwisseling van kennis en ik durf rustig te stellen dat de werkplaats SE daarin zeker is geslaagd.

Ik wens u veel leesplezier en ik hoop dat wij de komende jaren nog leuke projecten mogen begeleiden en ondersteunen.



Tonny Boerkamp
Voorzitter werkplaats Systems Engineering



© 1. Pioneering

Innovatie is belangrijk voor vooruitgang. Maar hoe zorg je ervoor dat een complete branche in de regio vernieuwend bezig is? Stichting Pioneering probeert door kennis samen te brengen een antwoord te vinden op deze (voortdurende) vraag. Het belangrijkste doel van Pioneering is om de Twentse bouw te innoveren. Dit doen zij door samen met marktpartijen, overheden, opdrachtgevers en kennisinstellingen vernieuwende initiatieven op te starten. Maak kennis met dit bijzondere platform en een van haar 'werkplaatsen' Systems Engineering.

PIONEERING

De bouw is economisch gezien een belangrijke sector voor Twente. Een aanzienlijk deel van de beroepsbevolking is direct of indirect werkzaam in deze branche. De marktpositie van de Twentse bouw wordt door veel factoren beïnvloed. Denk bijvoorbeeld aan de instroom van flexibel arbeidspotentieel uit Oost-Europa en nieuwe vormen van aanbesteden en contracteren. Daarnaast vragen klimaatveranderingen om bewuster gebruik van grondstoffen en het aanboren van schone energiebronnen.

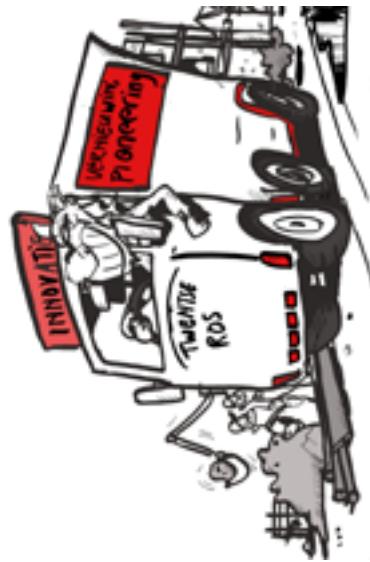
Wie op een verantwoorde manier om wil gaan met deze factoren dient te bezitten over slagvaardigheid en adequaat ondernemerschap. Stichting Pioneering stimuleert vernieuwend ondernemerschap in de bouw via innovatie in proces, product en technologie. Ook het creëren van (nieuwe) markten ziet zij als een van haar speerpunten. Om deze doelstellingen te bereiken, zet Pioneering in op het bevorderen van de onderlinge samenwerking

van bouwgerichte ondernemingen in Twente. Daarbij zoeken zij tevens de verbinding met kennisinstellingen en lokale en regionale overheden. Inmiddels werken zo'n 120 bedrijven en instellingen actief samen in tien verschillende projectgroepen, de zogeheten werkplaatsen van Stichting Pioneering. Een van deze werkplaatsen is de werkplaats Systems Engineering. Hierbij ligt de focus op het innoveren van het bouwproces.

kan leiden tot een verbetering van de concurrentiepositie en de vitaliteit van de Twentse bouwsector. Dat komt doordat bouwgerichte ondernemingen zich sneller kunnen ontwikkelen tot kennisdreven, marktgerichte en productontwikkelende ondernemingen.

WERKPLAATS SYSTEMS ENGINEERING

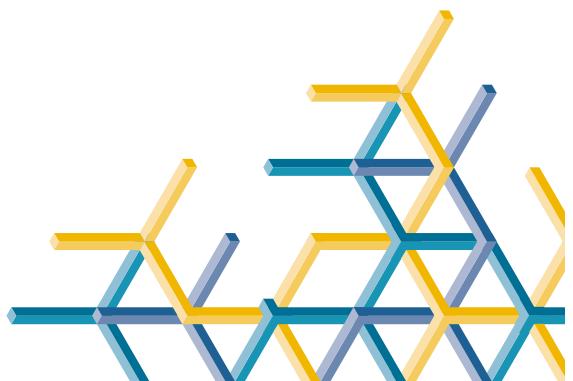
Systems Engineering is feitelijk niets anders dan een methode om precies datgene te bouwen wat opdrachtgevers, gebruikers en andere relevante partijen willen. Het concept biedt een geïntegreerde en gestructureerde set van methodieken om projecten succesvol te initiëren, ontwerpen, bouwen en beheren. Het zorgt dus uiteindelijk voor een ideale match tussen klantvraag en op te leveren product. De basisgedachte van de werkplaats is dan ook, dat toepassing van Systems Engineering





PRINCIPES VAN SYSTEMS ENGINEERING

De werkplaats Systems Engineering houdt zich dagelijks bezig met de ontwikkeling van innovatieve oplossingen en toepassingen, die gericht zijn op een gestructureerde specifiatie- en ontwerpmethode. Volgens de leidende principes werkt de uitvoerende partij volgens een vaste methodiek toe naar een product dat aansluit op de eisen en wensen van opdrachtgevers en andere relevante partijen. Hierbij houden zij rekening met de gehele levenscyclus van het product, in lijn met de verwachting van de klant. Dat betekent dat het product gedurende de gehele levensduur goed blijft functioneren.



De kracht van Systems Engineering is de gestructureerde manier van werken. Dit vergroot de efficiency en effectiviteit van het ontwerpproces en de uiteindelijke uitvoering. De resultaten zijn goed doordachte en innovatieve oplossingen die binnen de gestelde tijd en budgetten gerealiseerd kunnen worden. Kort gezegd is Systems Engineering:

- Klantgedreven;
- Levenscyclus gericht;
- Structuur.

Een gestructureerde aanpak wordt al vanaf het beginstadium ingezet. De opdrachtenanalyse geldt als eerste stap in het Systems Engineering-proces, waarbij ook gekeken wordt naar hoe

het te bouwen object ingepast dient te worden in de omgeving. Direct daarna volgt een inventarisatie van de stakeholders van het project, inclusief hun behoeften en wensen, en wordt bepaald hoe zij bij het project betrokken moeten worden.

Een ander aspect van Systems Engineering is dat alle

opdrachtnemende partijen in een vroege stadium betrokken zijn, zodat alle benodigde kennis vanaf het begin beschikbaar is. Dit leidt tot een beter (uitvoerbaar) ontwerp en minder faalkosten. Een ander essentieel onderdeel van het principe is de functionele opzet van het programma van eisen. Niet het aandragen van oplossingen vormt de kern van het programma, maar juist een beschrijving

van wat een bepaald object moet kunnen (functies) en hoe goed het dit moet kunnen (prestaties). Tot slot zijn verificatie en validatie belangrijke kenmerken van de Systems Engineering-methodek.

Samengevat leidt toepassing van Systems Engineering tot:

- Oplevering van projecten binnen gestelde tijd, kwaliteit en budget;
- Controle over het ontwikkelingsproces;
- Een reductie van ontwikkelings- en realisatiekosten;
- Klantgerichte oplossingen;
- Minimalisering van life cycle-kosten (onder meer beheer en onderhoud);
- Innovatieve en slimme oplossingen.



Deelnemers

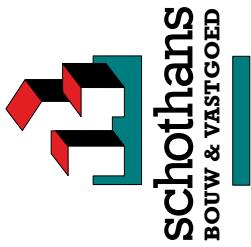


DURA VERMEER
Dura Vermeer Bouw Hengelo BV



BEHEERSMAATSCHAPPIJ NIJVERDAL

beter wonen



schothans
BOUW & VASTGOED



HEINEN B.V.
ELEKTRO INSTALLATIEBEDRIJF
NIJVERDAL www.heinen-bv.nl





ROC van Twente)



unica installatietechniek
unica



UNIVERSITY OF TWENTE.

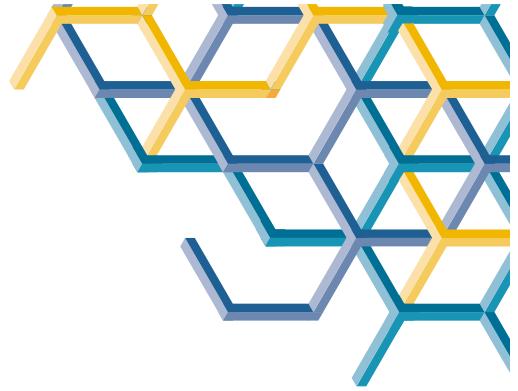
Beter Wonen ontwikkelt 73 app. voor vitale senioren en een multifunctionele



② Systems Engineering in de woning- en utiliteitsbouw

Systems Engineering komt oorspronkelijk uit de telefonisector, maar werd later ook veelvuldig toegepast in de lucht- en ruimtevaart en in de defensie-industrie. In Nederland is Systems Engineering een veel gebruikte methode in de grond-, weg- en watersector. ProRail en Rijkswaterstaat hebben de methode voor deze sector zelfs verplicht gesteld.

In de woningbouw is de toepassing van Systems Engineering echter nog vrij onbekend. En dat is jammer, want ook in deze sector kan het veel voordelen opleveren. Denk bijvoorbeeld aan de oplevering van een project binnen de gestelde planning en budgetten. En ook is er door het gebruik van Systems Engineering meer ruimte voor innovatie. Daarnaast sluit het uiteindelijke product beter aan op de eisen en wensen van de diverse gebruikers. Het toepassen van Systems Engineering vraagt echter wel om een omslag in denken en een verandering van rollen binnen het ontwerp- en uitvoeringsteam. De werkplaats Systems Engineering van Pioneering is intensief aan het kijken hoe de woningbouw optimaal kan profiteren van de methode. Inmiddels is het eerste woningbouwproject in Nederland met Systems Engineering opgepakt. Hieronder leest u meer over de verschillende projecten die met inzet van Systems Engineering worden gerealiseerd.



④ Pilotprojecten

APPARTEMENTEN ROMBOUT VERHULSTLAAN IN ALMELO

In februari 2012 leverde woningcorporatie Beter Wonen uit Almelo het project Rombout Verhulstlaan op. Dit project omvatte een appartementencomplex voor 73 seniorenwoningen in Almelo. Het is het eerste woningbouwproject in Nederland dat met behulp van Systems Engineering is ontwikkeld.

KENMERKEN PROJECT

- Opdrachtgever: Beter Wonen, Almelo;
- Aannemer: Dura Vermeer Bouw Hengelo BV;
- Architect: De Witte van der Heijden Architecten, Enschede;
- Installateur: Unica, Hengelo;
- Constructeur: Bartels Ingenieurs voor Bouw & Infra, Enschede;
- De locatie markeert de overgang van het buitengebied naar de stad;
- Er is veel ruimte, groen en de beek de Aa loopt door het gebied;
- Het project bestaat uit 73 appartementen verdeeld over 2 blokken met in elk blok een atrium;
- De doelgroep is senioren;
- Eind 2011 is het eerste woonblok opgeleverd, het tweede blok in februari 2012.



Bij dit project was er sprake van een lichte SE variant. Sommige principes van Systems Engineering werden meer en andere wat minder toegepast. De ondersteuning van de werkplaats aan Beter Wonen bestond onder andere uit het maken van het programma van eisen. Ook adviseerde zij de corporatie over de te nemen processtappen en ondersteunde zij tijdens de uitvoeringsfase. Daarnaast begeleidde de werkplaats twee afstudeerders van de Universiteit Twente die vervolgens ingezet werden bij Beter Wonen. De afstudeerders hadden bij het optimaliseren van de interne vastgoedontwikkelingsprocedure door

er Systems Engineering stappen aan toe te voegen.

De voordelen van Systems Engineering bij woningbouwprojecten zijn inmiddels duidelijk. Het ontwerpproces is boven verwachting soepel verlopen en ook omwonenden spreken van een mooi plan. Het project is binnen budget en planning gerealiseerd en de kwaliteitsseisen zijn behaald. Dat komt voornamelijk doordat er vanaf het prille begin sprake was van een goede combinatie van Systems Engineering principes, projectmanagement, het werken in een bouwteam en het activeren van de omgeving.

Een opvallende aanpassing aan het uitvoeringsproces is dat door toepassing van Systems Engineering inspectie op de bouwplaats niet meer noodzakelijk is, terwijl de kwaliteit van een project toch wordt behaald. Daarmee biedt Systems Engineering ook tijdens de uitvoeringsfase voordelen voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer.



RÖPCKEZWEERS ZIEKENHUIS HARDENBERG

De Saxenburg Groep start in 2013 met de bouw van een nieuw ziekenhuis in Hardenberg, het Röpcke-Zweers Ziekenhuis. Een van de uitdagingen is om een duurzaam ziekenhuis te bouwen. Daarom bevat het ontwerp reeds diverse duurzaamheidsmaatregelen. Echter, de Stuurgroep Bouw onder voorzitterschap van de Raad van Bestuur wilde graag onderzoeken of er nog meer mogelijkheden voor duurzaamheid waren.

KENMERKEN PROJECT

- Opdrachtgever: Stuurgroep Bouw Saxenburg Groep;
- Architect: IAA Architecten;
- Start bouw: 2013;
- Ontwikkeling duurzaam ziekenhuis;
- 20.000 m² nieuw bouwen 5.000 m² renovatie;
- 36 medewerkers ge'interviewd;
- 1.000 uitspraken over duurzaamheid.

De werkplaats Systems Engineering onderzocht in 2011 of het duurzaamheidsaspect in het Voorlopig Ontwerp van het Röpcke-Zweers Ziekenhuis verder gëoptimaliseerd kon worden. Dat deed zij door medewerkers van het ziekenhuis te interviewen en de uitkomsten hiervan te vertalen naar eisen voor het nieuwe gebouw.

ONDERZOEK

Systems Engineering is een methodiek om het ontwerpproces te structureren en te stroomlijnen. Deze methodiek kent verschillende instrumenten om zaken zoals duurzaamheid concreet handen en voeten te geven en om ervoor te zorgen



dat duurzaamheid op de juiste wijze in het ontwerp wordt verankerd. In het hierboven beschreven onderzoek heeft de werkplaats Systems Engineering zich voornamelijk bezig gehouden met het gestructureerd in kaart brengen van de behoeften (eisen) die de medewerkers hebben en de mogelijkheden die ze zien op het gebied van duurzaamheid. De werkplaats is voor dit onderzoek uitgegaan van de mogelijkheden die de medewerkers binnen hun eigen werkzaamheden signaleren. Vervolgens is nagegaan welke eisen dat aan het gebouw stelt.

De duurzaamheidsmogelijkheden zijn geïnventariseerd aan de hand van de gebruikers van het ziekenhuis. Hun ideeën over verduurzaming van de eigen werkzaamheden vormden daarbij het uitgangspunt. In totaal zijn 36 mensen geïnterviewd. Dit leverde ongeveer 1.000 uitspraken op om de duurzaamheid te verbeteren. Deze mogelijkheden boden handvatten om het Voorlopig Ontwerp van het nieuwe ziekenhuis te optimaliseren. De uitkomsten van het onderzoek werden voorgelegd aan de Stuurgroep Bouw, die uiteindelijk op bedrijfseconomische gronden bepaalt welke duurzaamheidsaspecten wel of niet doorgevoerd worden.

RESULTATEN

Uit het onderzoek is gebleken dat er nog geen eenduidigheid bestaat over

de oplossing voor een nog duurzamer ziekenhuis. De duurzaamheidsaspecten zijn gevareerd en de meningen verdeeld. Toch komen in het onderzoek een aantal oplossingsrichtingen naar voren die kunnen helpen om de eerste stappen te zetten voor het optimaliseren van duurzaamheid in het Voorlopig Ontwerp.

De mogelijkheden variëren van kleine gedragsaanpassingen, zoals het licht eerder uitdoen, tot complexe bouwkundige aanpassingen, zoals eigen energieopwekking en de aanleg van grijswatercircuiten. De verbeterslag moet volgens de medewerkers vooral gezocht worden in bewustwording en gedragsverandering. Daarnaast stellen zij ook maatregelen voor op het gebied van energieverbruik en klimaatbeheersing.

De onderzoeksuitkomsten laten zien dat het dus niet alleen gaat om bouwkundige en bouwtechnische aanpassingen, maar gezocht worden in bewustwording en gedragsverandering. Daarnaast stellen zij ook maatregelen voor op het gebied van energieverbruik en klimaatbeheersing. De onderzoeksuitkomsten laten zien dat het dus niet alleen gaat om bouwkundige en bouwtechnische aanpassingen,

maar dat juist een mentaliteits- en gedragsverandering bepalend kan zijn.

Een combinatie van deze twee oplossingsrichtingen zal het grootste effect hebben. Gedrag en techniek kunnen elkaar dan ondersteunen. Uit het onderzoek volgen een aantal aanbevelingen:

1. Stel het gewenste duurzaamheidsambitieniveau vast;
2. Besteed substantiële aandacht aan gedragsverandering.

Meestal wordt de aandacht gericht op bouwtechnische maatregelen, maar de resultaten van dit onderzoek laten zien dat medewerkers het meeste zien in gedragsverandering. Het is zaak om deze maatregelen te combineren met technische aanpassingen om zo het meest optimale resultaat te behalen.



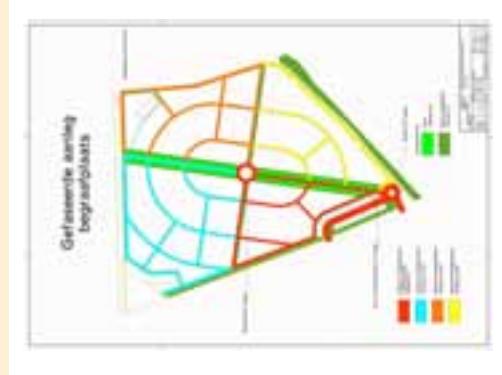
IAA Architecten

BEGRAAFPLAATS HELLENDORP

De gemeente Hellendoorn realiseerde in 2012 een nieuwe begraafplaats aan de Meester Ponsteenlaan in Nijverdal. De locatie grenst aan de uitlopers van de ecologische hoofdstructuur, waar de Sallandse Heuvelrug onderdeel van uitmaakt.

KENMERKEN PROJECT

- Opdrachtgever: Gemeente Hellendoorn;
- Bouwer: Schothans Bouwbedrijf (overgenomen door Bouwbedrijf Noordersluis);
- Architect: Nijhoff Architecten;
- Installateurs: Elektro Installatiebedrijf Heimen, Installatiebedrijf van Dijk;
- De locatie grenst aan de uitlopers van de ecologische hoofdstructuur, waar de Sallandse Heuvelrug onderdeel van uitmaakt. De begraafplaats dient de ecologische hoofdstructuur te versterken;
- Gefaseerde ontwikkeling: 2012, 2021, 2031 en 2041;
- 2012: Hekwerk, sanitair voorziening en dienstgebouw;
- Beperkt budget en korte doorlooptijd;
- Oplevering 1^e fase: juni 2012.



“Binnen het budget dankzij Systems Engineering”

Bij de ontwikkeling van de begraafplaats in Hellendoorn is Systems Engineering toegepast. Voor Geert Nijhoff van Nijhoff Architecten was deze ervaring voldoende om zich meer te verdiepen in Systems Engineering. “Door Systems Engineering realiseerden we een project binnen het budget van de opdrachtgever. Het budget was heel minimaal en alle partijen waren zich hier goed van bewust. Daardat begrip ontstond bij alle partijen, hadden we minder strijd en meer overleg. Dankzij Robin de Graaf van Pioneering bleven we niet zwemmen.

Ik ben geïnteresseerd in Systems Engineering, omdat ik denk dat je met zin alleen meer kwaliteit kunt leveren. Ik denk dat je juist door Systems Engineering op een andere manier naar oplossingen gaat kijken. Ook in het ontwerp. Een ontwerp moet niet alleen een mooi plaatje zijn, alles moet kloppen – ook de techniek en het gebruik van de ruimte.

Dit project was eigenlijk te klein voor Systems Engineering. Het vergt namelijk veel vergaderdienst en uitgebreide rapportages in Excel en dat is voor een klein project wel eens irritant. Bovendien

zijn we iets te laat in dit project met Systems Engineering begonnen. Daardat er al plaatjes lagen, kon de methode niet helemaal toepast worden. Je bent dan niet meer helemaal vrij in het bedenken van een oplossing. Ik zou daarom graag een groter project doen met Systems Engineering. Op basis van ervaringen met de begraafplaats denk ik dat er verbeteringen mogelijk zijn, bijvoorbeeld door de manier van rapporteren te stroomlijnen. Een combinatie met BIM lijkt me logisch.”



Het project kent een aantal specifieke kenmerken, waardoor toepassing van Systems Engineering erg geschikt is:

- **Begraafplaats moet uiterlijk in april 2012 in gebruik genomen worden**
Door het traject te realiseren met behulp van de Systems Engineering principes werkt iederen volgens een vaste methodiek, dus gesstructureerd. Dit vergroot de efficiency en effectiviteit van het ontwerpproces en de uiteindelijke uitvoering.
- **Begraafplaats wordt gefaseerd ontwikkeld**
De ontwikkeling van de begraafplaats is in fasen opgedeeld. De resterende opleverdata vinden plaats in 2021, 2031 en 2041. Bij het ontwerp van fase 1 is het van groot belang,

dat het voldoet aan toekomstige eisen en wensen. Ook moet het huidige ontwerp aansluiten op de toekomstige uitbreiding.

Systems Engineering houdt hier rekening mee door stakeholders te betrekken bij het proces, door expertise van marktpartijen in een vroeg stadium in te brengen, eisen expliciet mee te nemen en door te kijken naar de totale levenscyclus.

Veel stakeholders met verschillende eisen en wensen

Via Systems Engineering worden de verschillende stakeholders bij het proces betrokken. Vastlegging van de diverse eisen en wensen gebeurt op gestructureerde wijze. Op basis van deze documentatie vindt weloverwogen besluitvorming plaats, waarbij aantoonbaar is dat de gekozen oplossing het beste voldoet.

•

opleverdata vinden plaats in 2021, 2031 en 2041. Bij het ontwerp van fase 1 is het van groot belang,

voordeel dat meer kosten in de realisatiefase voorkomen kunnen worden.

Het beperkte budget, de korte doorloopijd en specifieke eisen en wensen met betrekking tot onderhoud en duurzaamheid vormden voor de opdrachtgever en de architect aanleiding om het project met Systems Engineering op te pakken. De werkplaats ondersteunde de partijen bij het opstellen van een functioneel programma van eisen, het samenstellen van een bouwteam en het opstellen van een verificatieplan.

ERVARINGEN

In dit project leidde Systems Engineering tot goed doordachte en slimme ontwerpen. Dat komt omdat de methode niet alleen naar de uiterlijke verschijningsvorm kijkt, maar vooral ook naar de functionaliteit. Deelnemers gaven aan dat Systems Engineering zorgt voor secuurder werken en het alert worden op elkaar's fouten. Ze zijn overigens wel van mening dat het toepassen van Systems Engineering voor een project van deze kleine omvang wel een beetje teveel van het goede is. Het vergt namelijk behoorlijk wat voorbereiding en administratie. De deelnemers zien de meerwaarde van Systems Engineering dan ook meer voor complexe en grotere projecten.



“Systems Engineering zet je aan het denken”

© John Brand, gemeente Hellendoorn

Projectleider John Brand van de gemeente Hellendoorn had nog niet eerder met Systems Engineering gewerkt. Toen architect Geert Nijhoff met het voorstel kwam om het toe te passen bij de nieuwe begraafplaats wilde hij dat graag proberen.

“Doordat er al beeldmateriaal bestond vanwege de architectenselectie, was de vrijheid minder groot dan je hoopt. Dat is een probleem als je een taalkstellend budget hebt, want dan zul je op enig moment keuzes moeten maken. De oorspronkelijke gedachte was dat er een

toegangspoort zou komen met sanitaire voorzieningen, een dienstgebouw met materiële opslag en een soort van ontmoetingsruimte. Uiteindelijk moesten de ontmoetingsruimte en de materieelopslag worden geschrapt. Schrappen is geen leuke taak, maar zet je wel aan het denken.

Mijn ervaringen zijn uitermate positief. Traditioneel dankend heb je meer beperkingen dan met Systems Engineering. De inbreng van Pioneering was goed en constructief. Daar hebben we qua ondersteuning veel aan gehad. Robin

de Graaf heeft links en rechts de vinger op de zere plek gelegd, ons gewaarschuwd wanneer we in het traditionele annexensysteem dreigende te vervallen en ons geattendeerd op alternatieven die er zijn. De toegevoegde waarde van Systems Engineering is relatief gezien beperkt, maar met elkaar hebben we kans gezien ons strikter aan de gestelde eisen te houden dan vaak bij traditionele processen gebeurt. Systems Engineering vergt enorm veel voorbereiding, maar als de omvang van het project geschikt is dan er tijd en gelegenheid voor is, dan ben ik voor.”



Uitgevoerde onderzoeken

De effecten van Systems Engineering in de woningbouw

Een evaluatieonderzoek naar de toepassing van Systems Engineering bij woningcorporatie Beter Wonen.

Auteur: Alexander Leicher
Studierichting: MSc. Construction Management and Engineering,
Universiteit Twente
Organisatie: Beter Wonen Almelo
Jaar: 2010

te kunnen bepalen evaluateerde de onderzoeker vier projecten van Beter Wonen. Drie ervan zijn zonder Systems Engineering uitgevoerd en één met. De resultaten van de projecten zijn vervolgens met elkaar vergeleken. Om de projecten te analyseren interviewde de onderzoeker betrokkenen, onderzocht hij documenten en liep hij mee in het dagelijks bedrijfsproces (participerende observatie).

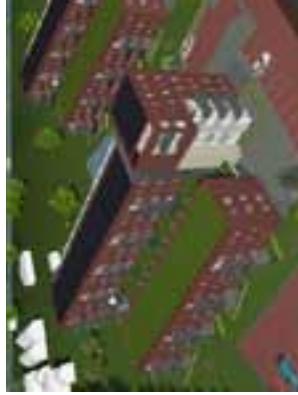
RESULTATEN

Analyse van de projectresultaten leert dat Systems Engineering een gunstig effect heeft op de beheersing van het ontwerpproces. De bouwkosten bij het project mét Systems Engineering (Rombout Verhulstaan) bleven tijdens de ontwerpfasen binnen het budget, terwijl de projecten zonder Systems Engineering niet binnen budget waren opgeleverd. Ook bleef de planning van het ontwerpproces met Systems Engineering overeind, in tegenstelling tot de projecten die traditioneel waren uitgevoerd. Op het gebied van kwaliteit zijn geen waarneembare verschillen op te merken. Het Systems Engineering project scoort dus op kwaliteit hetzelfde als de projecten zonder toepassing van de methode. Inmiddels geven de bewoners aan naar alle tevredenheid te wonen in de appartementen aan de Rombout Verhulstaan!

ANBEVELINGEN

Op basis van dit onderzoek beveelt de onderzoeker aan om de weg die Beter Wonen met Systems Engineering is ingeslagen, te blijven volgen. De onderzoeker raadt ook aan om nog enkele aanpassingen binnen het proces door te voeren. Zo zou de corporatie beter gebruik kunnen maken van een functioneel programma van eisen. Zo benutten ze de 'kracht uit de markt' ten volle, doordat ontwerpers en bouwers meer eigen inbreng krijgen. Daarnaast dienen ze bij de overgang van de ene ontwerpfasen naar de volgende ontwerpfasen beter vast te leggen tot welk niveau het ontwerp uitgewerkt moet zijn. Het is dan voor iedereen duidelijk wanneer een fase is afgerond en wanneer een volgende fase kan starten.

Het onderzoek van Alexander Leicher is gepubliceerd in het tijdschrift Building Business (nummer 6, augustus 2012), zie ook: www.buildingbusiness.nl.



Systems Engineering in een vastgoedvraagstuk

Een onderzoek naar de mogelijkheid of Systems Engineering bruikbaar is bij het schrijven van een programma van eisen voor een onderwijsgebouw.

ONDERZOEK EN RESULTATEN

Om de toepassingen van Systems Engineering en het product (het programma van eisen) te kunnen beoordelen, zijn vanuit de literatuur beoordelingscriteria vastgesteld. De beoordelingscriteria zijn: meetbaarheid, otsluiting van de eisen, beheersing van de eisen, prestatiegericht formuleren en volledigheid. Aan de hand van deze criteria heeft de onderzoeker bevindingen opgesteld die de basis vormen voor zijn conclusies. De inhoud en principes die voortkomen uit het Systems Engineering proces is meer dan voldoende om een programma van eisen de juiste inhoud mee te geven en er voor te zorgen dat er een transparant en gestructureerd programma van eisen ontstaat. De weergave van de eisen is bruikbaar voor de ontwerpende partijen. Systems Engineering is daarom inzetbaar als methodiek voor het schrijven van een programma van eisen. Enkele aandachtspunten bij het gebruik zijn:

- Betreft Systems Engineering al vanaf de opgavebepaling;
- Let op de formuleringsswijze van de stakeholderseisen;
- Bekijk de relatie tussen de objecten en aspecteisen;
- De stap van allocatie is nodig om tot een bruikbaar programma van eisen te komen.

Systems Engineering biedt door de (boom)structuren en de relaties tussen de verschillende eisen handvatten voor meetbaarheid, beheersbaarheid, prestatiegericht formuleren en de hanteerbaarheid van een programma van eisen. Gezien de relatie tussen de oorzaken van een deel van de faalkosten en het gebrekige programma van eisen, kan Systems Engineering bijdragen aan het reduceren van faalkosten. Het structureer van Systems Engineering dwingt tot een deel van de faalkosten. Het prestatiegericht formuleren draagt bij aan de innovatiekracht. De structuur van Systems Engineering dwingt tot prestatiegericht formuleren, maar is ook noodzakelijk om aan te tonen dat een nieuwe oplossing juist is. Een nieuwe oplossing heeft zich nog niet bewezen en kan dus alleen getoetst worden aan de eisen.

Systems Engineering heeft vele aspecten

de eisen prestatiegericht en functioneel geformuleerd zijn.

AANLEIDING EN DOEL

In verband met de problematiek rondom een programma van eisen en de wens om een innovatief gebouw te ontwerpen, is onderzocht of Systems Engineering een bruikbare methode is om een programma van eisen voor een onderwijsgebouw te schrijven. Problematiek houdt in dit verband in: de hoge faalkosten. De oorzaken van faalkosten zijn veelal te vinden in de ontwerpveranderingen tijdens de bouw en gebrekkige communicatie tussen de betrokken partijen. Een programma van eisen kan een deel van deze problematiek voorkomen door de vraag goed te specificeren en deze beheersbaar en meetbaar te maken. Om een innovatief bouwontwerp te realiseren, dient een programma van eisen een oplossing te bevatten, maar moeten



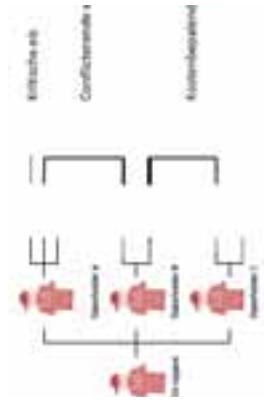
in zich om als nieuwe methode voor het schrijven van een programma van eisen ommarmd te worden. Het biedt ten opzichte van andere methoden ook een basisstructuur om het hele ontwerpproces aan op te hangen. Hierdoor kunnen complexe projecten worden aangestuurd.

AANBEVELINGEN

De onderzoeker doet de volgende aanbevelingen:

1. Voer het Systems Engineering proces in zijn geheel uit op een project inclusief de ontwerpstappen. In dit onderzoek is gefocust op het in kaart brengen en formuleren van de eisen.
2. Onderzoek de relatie tussen Systems Engineering en BIM (Building Information Model).
3. Pas Systems Engineering toe met aandacht voor de levensloop van een gebouw.

aandacht op. Het is interessant om te onderzoeken wat het oplevert voor een gebouw als er extra aandacht voor de levensloop komt. Dit is wellicht te koppelen aan bestaande modellen als BREEAM. Hierdoor kunnen complexe projecten worden aangestuurd.



Controle vereist

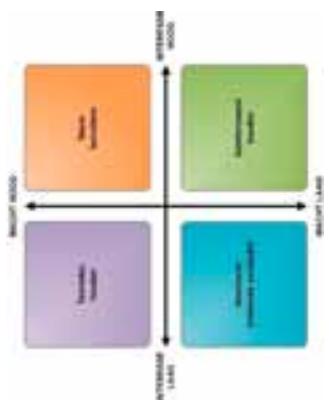
Onderzoeken van multifunctioneel ontwerpprocessen van multifunctionele vastgoed. De Woonplaats was op zoek naar een manier om de huidige werkwijze te verbeteren en zag mogelijkheden in de toepassing van Systems Engineering, een methodiek die al succesvol was toegepast bij woningcorporatie Beter Wonen in Almelo. De Woonplaats startte een proefproject waarbij Systems Engineering net uitgangspunt zou vormen voor het ontwikkelproces. Voorafgaand aan het project was het van belang in kaart te brengen welke problemen er speelden en hoe Systems Engineering bij kan dragen aan een eventuele oplossing daarvan.

DOEL VAN HET ONDERZOEK

Bij aanvang van het afstudeeronderzoek bij woningcorporatie De Woonplaats herste er een gevoel van onbehagen over de

RESULTAAT

Uit het onderzoek blijkt dat een groot deel van de problemen bij het huidige eisen-management ligt. Hier bestaat niet altijd

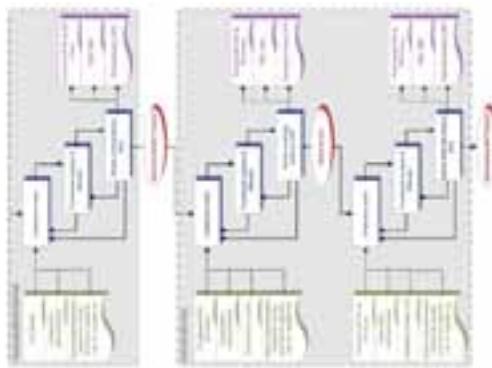


uitvoering van het project en een beheersbaar en controleerbaar ontwerpproces. Het ontwerpproces verbetert doordat het model een gelagdheid van abstract naar concreet, aanbrengt en ervoor zorgt dat het programma van eisen altijd up-to-date is. Hierdoor ontstaat meer controle over het eisenmanagement en is meer sturing te

geven aan het algehele ontwerpproces. Naast het bovengenoemd stappenplan beschrijft het model specifiek de wensen en eisen die de basis vormen van een project. Ten behoeve van het eisenmanagement is een uitwerking gegeven hoe een aantal stappen ingevuld kan worden.

Systems Engineering en BIM

Auteur: Vincent Jongman
Studierichting: minor BIM, Bouwkunde,
Saxion
Organisatie: Stichting Pioneering
Jaar: 2012



genoeg controle over. De oplossing van dit probleem resulteerde in het ontwerp van een procesmodel dat een nieuw toe te passen ontwikkelingsproces beschrijft. Het model geeft een globale invulling van de te nemen stappen voor een succesvolle

methodieken benut, wat leidt tot een beter product en een beter bouwproces.

BIM richt zich voornamelijk op het model dat in het tekenprogramma wordt opgezet. Maar eigenlijk begint het proces van de realisatie van een bouwwerk al veel eerder, namelijk bij de projectanalyse en de inventarisatie van eisen en behoeften. Deze inventarisatie is een belangrijk document voor het controleren van het project gedurende het hele proces. Systems Engineering werkt via een bepaald stappenplan, waar structuur, controle en samenwerking een grote rol spelen. Systems Engineering kan het positieve effect van BIM versterken door het opzetten van een goede opdrachtanalyse en vraagspecificatie.

DOEL VAN HET ONDERZOEK

Building Information Modeling en Systems Engineering zijn beide methodieken die hebben bewezen dat ze voordelen op kunnen leveren bij het ontwikkelen van objecten. Deze methoden werkten tot op heden nauwelijks samen in de bouwsector. Het onderzoek is erop gericht de raakvlakken tussen deze twee systemen te vinden en een samenwerking te genereren. Op deze manier worden de voordelen van beide

RESULTAAT

Het combineren van Systems Engineering en BIM gaat aan de hand van een aantal stappen, die in het onderzoek te lezen zijn. Een handleiding beschrijft een stappenplan om zowel BIM als Systems Engineering in te zetten. De te nemen stappen zijn:

- Begin met uitbreidung van het BIM-model;
- Maak met behulp van Systems Engineering een inventarisatie van het project (het systeem);
- Maak een inventarisatie van stakeholders en klanteisen;
- Bedenk de concepten;
- Zet de klanteisen om naar systeemeisen;
- Werk met geschikte marktpartijen aan een ontwerp.

Belangrijk is dat tijdens de ontwerfase verificatie en validatie plaatsvindt. Als het ontwerp is goedgekeurd, kan het voorbereidend werk en vervolgens het bouwproject starten.

De resultaten van het onderzoek zijn getest met behulp van het pilotproject Begraafplaats Hellendoorn. Het onderzoeksresultaat is vergeleken met dit project om zo de voor- en nadelen van het werken met BIM en Systems Engineering te bepalen.
Uit het onderzoek blijkt dat Systems Engineering goed te combineren is met BIM. BIM en Systems Engineering lijken

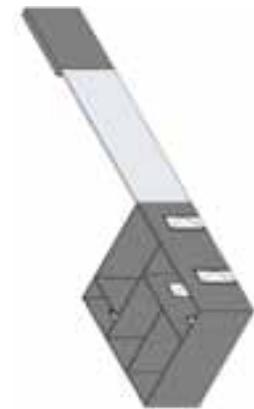
Toepassing BIM & SE

heel verschillende methodieken, maar toch kennen ze veel overeenkomsten en sluiten ze goed op elkaar aan. Ze zijn beide gericht op gestructureerd werken. De methodieken hebben elkaar nodig en vullen elkaar aan. Het tekenwerk in BIM kan via het verificatie- en validatieprincipe van Systems Engineering getoetst worden.

Ook bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van het pilotproject Begraafplaats Hellendoorn. Daarnaast deden ze onderzoek naar geschikte software voor de koppeling tussen BIM en Systems Engineering.

RESULTAAT

In het onderzoek is gekeken naar het ontwerpproces van de nieuwe begraafplaats. Tijdens de ontwerfase is geen gebruik gemaakt van BIM. Uit het onderzoek komt naar voren dat werken met BIM grote voordeLEN heeft met betrekking tot het ontwerpproces en dat toepassing van Systems Engineering – en de daarvoor beschikbare software – problemen met betrekking tot klantverwachting en ontwerpeisen voorkomt. Ook is gekeken naar een mogelijke



DOEL VAN HET ONDERZOEK

In opdracht van Pioneering onderzochten de auteurs de best mogelijke koppeling tussen Building Information Modeling (BIM) en Systems Engineering, met als doel de twee systemen met elkaar te laten samenwerken. Ze baseerden hun onderzoek op de bevindingen van het eerdere onderzoek van Vincent Jongman, zie voorgaande pagina's.

er een plugin gebouwd worden, waarmee de eisen uit Relatics omgevormd worden tot ‘rules’ die getoetst kunnen worden in Solibri. Het voordeel van oplossing 2 ten opzichte van oplossing 1 is dat er een koppeling ontstaat voor alle 3D-CAD-programma’s. Solibri werkt namelijk met IFC’s en alle tekenprogramma’s kunnen een model exporteren in dit formaat. Bij de eerste oplossing moet een plug-in gebouwd worden voor alle 3D-CAD-programma’s apart. Dit kost veel tijd. De projectdeelnemers aan deze pilot zijn van mening dat het werken

met BIM en Systems Engineering makkelijker moet zijn, maar dat er momenteel nog veel kinderziektes in zitten. Het werken in Relatics is een vooruitgang, maar het structureren van alle bestanden ziet nog niet lieveren als een pluspunt. Het grootste voordeel van een combinatie van BIM en Systems Engineering is de vermindering van het papierwerk. Dat komt doordat de verificatielijsten eenvoudiger zijn en digitaal beheerd worden.



koppeling tussen de softwarepakketten voor BIM en Systems Engineering. In het vorige onderzoek is een koppeling gemaakt tussen een 3D-modelsoftware en het softwareprogramma Relatics, dat gebruikt wordt voor Systems Engineering. Dit is gedaan door de eisen vanuit Relatics met een URL te linken aan het object in de BIM-software. Dit werkt echter omslachtig en kost daardoor veel tijd. Daarom is onderzoek gedaan naar twee mogelijkheden voor een snellere koppeling:

1. Een directe link tussen Relatics en het 3D-CAD-programma Autodesk Revit.
2. Een indirecte link tussen Relatics, het 3D-CAD-programma en een derde software pakket: Solibri. Solibri is een zogenoemde modelchecker, waarbij via toetsing aan bepaalde ‘rules’ wordt gekeken of het model voldoet.

De onderzoekers adviseren een vervolgonderzoek uit te voeren voor beide oplossingen. Voor oplossing 1 moet een plug-in gebouwd worden, waardoor de informatie direct kan linken. Voor oplossing 2 moet



Systems Engineering volgens George de Witte, De Witte Van der Heijden Architecten

Ons architectenbureau was al geruime tijd bezig met een onderzoek naar de mogelijkheden voor renovatie van het project Rombout Verhulst te Almelo toen opdrachtgever Beter Wonen besloot voor totale nieuwbouw. Het stedenbouwkundig concept van het bestaande plan vonden wij zo uitzonderlijk, dat het een uitgangspunt is geworden voor het vervolgentraject. Wij hebben vervolgens een schetsontwerp gemaakt voor de totale nieuwbouw en op basis daarvan is een aannemersselectie gedaan voor de eerste fase.

Conceptueler kijken
In dezezelfde periode kwam Systems Engineering in beeld en hebben we verschillende workshops gehouden om deze methode op een goede manier te integreren met de werkzaamheden van de deelnemende partijen. Voor de meesten was dit nieuw en moest men in het begin wennen aan de nieuwe rol in het ontwerpproces. Het was niet alleen de Vastgoedafdeling die betrokken was bij het ontwerpproces, maar ook de afdeling Wonen en vooral ook de Wijkmanagers, die de informatie vanuit 'het veld' nu al een

vroegtijdig stadium konden inbrengen. De grote hoeveelheid informatie is naar een gesstructureerd Plan van Etsen vertaald van waaruit we op een meer conceptuele manier naar de opgave hebben gekeken.

Het ging dus meer over 'wat' moet er gebouwen en 'hoe goed' moet dat dan,

zonder meteen in oplossingen te denken.

Ik heb weleens het voorbeeld gegeven van een berging. Iedereen weet wat je daarbij moet voorstellen, terwijl je in Systems Engineering eigenlijk zou moeten vastleggen wat het moet doen, namelijk het bergen van een paar fietsen en de mogelijkheid bieden om wat te klussen. Hoe je dat oplöst is dan nog niet aan de orde.

Het goed vastleggen is een prima middel om te voorkomen dat er iedere keer

nieuwe of andere zaken op tafel komen en soms in een te laat stadium. Iedereen moet door middel van verificatie de stukken goedkeuren. Alleen door goede argumentaties en voorstellen binnen het budget kunnen aanpassingen worden angebracht.

Geen dwangbus

Wij hebben Systems Engineering zeker niet ervaren als een dwangbus of een beperking, maar eerder als een ontwerpmethode die de stappen op een goede manier inzichtelijk en navolgbaar maakt voor alle betrokken partijen. Het systeem biedt ook juist mogelijkheden om ieders expertise optimaal te benutten. Niet alleen van de aannemer en de onderaannemers, maar zeker ook van de opdrachtgever, gemeente en Nuts. Eerlijk gezegd (!) werkten wij als architect tijdens het ontwerpproces al op een dergelijke manier, alleen werd het niet vroegtijdig gedeeld en vastgelegd. Ik vind het een prima werkmethode die iedereen een duidelijk oog heeft op het gehele proces en waarbij het makkelijk is om relaties uit te leggen, met name ook naar de uitvoeringsfase.

Goede combinatie met BIM

Ik heb al eerder aangegeven dat Systems Engineering een goede combinatie zou





vormen met BIM en het leuke van Rombout Verhulst is, dat juist in de tweede fase de nadruk op BIM is komen te liggen. De ervaring met het systematisch werken van Systems Engineering past daarbij in het opstarten van een BIM-project.

Wij zijn als architectenbureau enthousiast over de werkmethode en zeker ook over het eindresultaat, want daar gaat het toch uiteindelijk om. Rombout Verhulst is een fijn complex om in te wonen, in een prachtige omgeving en met veel extra's, budgettair neutraal en binnen de gewenste bouwtijd gerealiseerd.

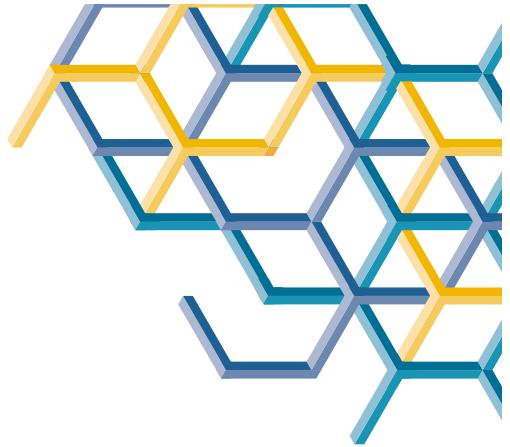




③ Systems Engineering in de civiele bouw

In de civiele bouw is Systems Engineering een veelgebruikte methode om grip te krijgen op complexe projecten. ProRail en Rijkswaterstaat stellen de methode zelfs verplicht, waardoor er in deze sector al ruime ervaring is opgedaan met het werken met Systems Engineering.

Dit betekent echter niet dat er in deze sector niets te innoveren valt op dit gebied. Ook hier loopt men tegen vraagstukken aan die roepen om een vernieuwende aanpak. Daar komt bij dat niet alle partijen in de GWW-sector kennis en ervaring hebben met Systems Engineering. De methode is gesnehd koek voor bijvoorbeeld aannemers van grote werken, maar kleinere partijen en opdrachtgevers worstelen met zaken als het opstellen van keuringsplannen en programma's van eisen. Enerzijds kan er van deze sector dus veel geleerd worden, terwijl anderzijds ook hier nog genoeg te verbeteren valt. Een mooi voorbeeld daarvan is Combiplan Nijverdal. Zij werken al met Systems Engineering, maar de Systems Engineering-eisen uit de verificatieplannen sloten niet aan op de eisen uit de kwaliteitsmanagementsystemen. De werkplaats deed onderzoek naar dit vraagstuk en droeg verbeterpunten aan. Hieronder leest u meer over pilotprojecten en onderzoeken uitgevoerd door of in samenwerking met de werkplaats Systems Engineering.



© Pilotprojecten

REVIEW COMBIPLAN

Midden in het Overijsselse dorp Nijverdal werkt de Combinatie Leo ten Brinke in opdracht van Rijkswaterstaat aan het verleggen van de rijksweg N35 en het bundelen van deze weg met het spoor tussen Almelo en Zwolle. De N35 loopt momenteel nog dwars door Nijverdal heen en zorgt daar voor veel overlast. In de toekomst komt de rijksweg samen met het spoor in een 1,5 km lange combitunnel te liggen. Als het project is afgelond, zal het verkeer beter kunnen doorstromen, de verkeersoverlast in het dorp afnemen, de veiligheid verbeteren en de betrouwbaarheid van de treinverbindingen toenemen.

KENMERKEN PROJECT

- Opdrachtgever: Rijkswaterstaat;
- Opdrachtnemer: Combinatie Leo ten Brinke;
- Kosten: 200 miljoen euro;
- Start bouw: 2009;
- Geplande oplevering: 2014;
- 500 m overdekte tunnel;
- Meer dan 6.500 eisen.

ACHTERGROND

De Combinatie Leo ten Brinke is in dit project verantwoordelijk voor zowel het ontwerp als de uitvoering. Deze aannemerscombinatie bestaat uit Hegeman Beton en Industriebouw BV, Van Hattum en Blankvoort, Vialis en KWS. Voor opdrachtgever Rijkswaterstaat is het essentieel dat de Combinatie Leo ten Brinke aantoonbaar en navolgbaar de contracteisen verifieert. De combinatie past Systems Engineering toe voor succesvolle realisatie van het project.

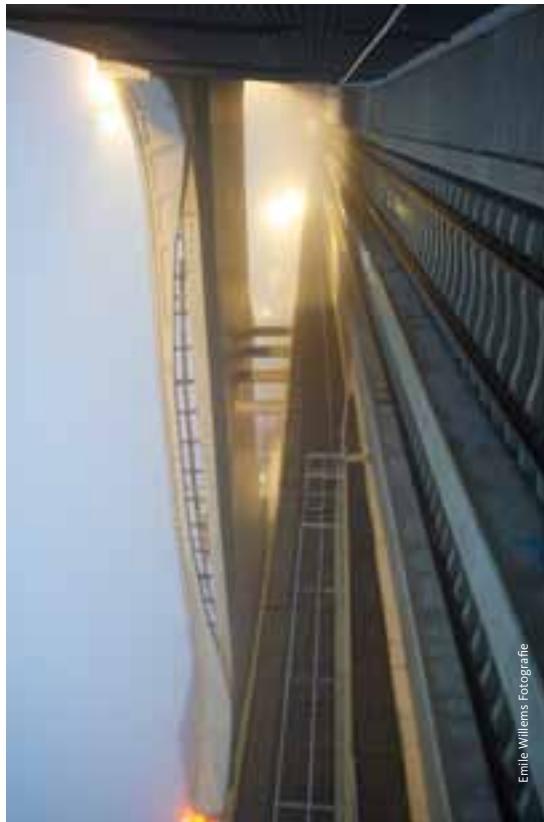
De Combinatie Leo ten Brinke ontwikkelde begin 2010 een verificatiestrategie op basis van Systems Engineering. Deze strategie bestaat uit verificaties in zowel de ontwerp- als uitvoeringsfase (keuringen). De keuringen vanuit het KAM-systeem van de disciplines civiel, GWW en TTI enerzijds en de contracteisen anderzijds vormen de bouwstenen voor het keuringsplan. Zo kunnen contractuele eisen in vele gevallen aangegetoond worden middels een keuring die haar oorsprong vindt in het KAM-systeem. Voor specifieke contracteisen, die niet door de keuringen aangegetoond kunnen worden, is maatwerk mogelijk. Er worden dan aparte keuringen aan het keuringsplan toegevoegd. Na verloop van tijd ontstond de behoefte om deze werkwijze nog eens tegen het licht te houden. De werkplaats



de werkvoorbereiding. Hierdoor kunnen in de uitvoering beslissingen genomen worden, die de systeemintegriteit beïnvloeden.

De verificatiestrategie voldoet om de opdrachtgever inzage te geven in het aantoonbaar en navolgbaar verifiëren van de eisen. Er zijn echter wel een aantal verbeteringen mogelijk. Deze verbeteringen zijn:

- Het opstellen van een systeemdocument, waarin de systeemanalyse is vastgelegd;
- Het afhandelen van alle systeemeisen in de ontwikkelfase. Daar waar nodig de proceseisen afleiden om vanuit de keuringen de systeemeisen te traceren.



deed dat door middel van een review.

Zij bekeek of de strategie geschikt is om de opdrachtgever ervan te overtuigen dat de gerealiseerde oplossing voldoet aan de eisen uit het contract. Ook keek zij op welke punten de strategie nog verbeterd kon worden.

RESULTAAT

Uit de review komt naar voren dat het verificatieproces leidt tot een geverifieerd ontwerp, waarbij met proceseisen de koppeling naar de keuringen is gelegd. Hierdoor zijn de verificaties aantoonbaar en navolgbaar. Een punt van zorg is dat er ook systeemeisen worden doorgezet naar

DUURZAAMHEID VAN DE WEG N34

De provinciale weg N34 verbindt Ommen met de aansluiting op de A28 nabij Groningen. De weg is drukbereden en er gebeuren regelmatig ongelukken. Het deel tussen 'De Witte Paal' en Hardenberg wordt daarom omgebouwd tot een stroomweg (100-kilometerweg).

- Opdrachtgever: Provincie Overijssel;
- MER-studie (Milieueffectrapportage): Tauw in combinatie met Goudappel Coffeng;
- Geplande start uitvoering: 2015;
- Geplande oplevering: 2017;
- Upgraden N34 naar een 100 km stroomweg;
- Gebruik N34: 5.000 voertuigen per dag.

ACHTERGROND

In de plan- en MER-studie van het project N34 koos de provincie Overijssel voor toepassing van Systems Engineering. Zij besloot hier toe om onder meer de interne kwaliteit te waarborgen. Zachte aspecten zoals duurzaamheid en ecologie zijn echter moeilijk concreet te maken, waardoor het lastig is te bepalen of ze voldoen aan het gewenste kwaliteitsniveau. Om meer grip te krijgen op deze aspecten is vanuit de werkplaats onderzoek gedaan hoe je deze eisen concreet kunt maken. Vervolgens ontwikkelde de werkplaats een methode om dit te realiseren.

RESULTATEN

Uit het onderzoek komt naar voren, dat de beleidsdocumenten van de provincie Overijssel voldoende informatie bevatten voor het definiëren van effectiviteitsnatten voor/provinciale infrastructuur. Met een voorbeeld is aangegeond, dat beleidsambities op het gebied van duurzaamheid uitgewerkt kunnen worden in een specificatie van een weg. Daarmee concretiseerde de werkplaats hoe duurzame infrastructuur eruit kan zien. De methode die zij vervolgens ontwikkelde, kunnen partijen ook benutten om andere kwalitatieve beleidsdoelstellingen te vertalen naar concrete maatregelen. Denk daarbij bijvoorbeeld aan de ruimtelijke kwaliteit.

KENMERKEN PROJECT

- Opdrachtgever: Provincie Overijssel;
- MER-studie (Milieueffectrapportage): Tauw in combinatie met Goudappel Coffeng;
- Geplande start uitvoering: 2015;
- Geplande oplevering: 2017;
- Upgraden N34 naar een 100 km stroomweg;
- Gebruik N34: 5.000 voertuigen per dag.



- De vertaling van kwalitatieve operationele aspecteisen naar functionele en prestatie-eisen is te realiseren met behulp van de ontwikkelde methode. De duurzame kwaliteitseisen uit de omgevingsvisie van de provincie zijn concreet te maken via het eisenanalyseproces uit de Systems Engineering-methodiek. In dit proces bestaat uit de volgende stappen:
 - Operationele eisen verzamelen*
 - De operationele eisen worden afgeleid van de kerndrijveren en de leidende thema's van het beleid van de provincie Overijssel;

- Effectiviteitsmaten definieren*

De operationele eisen worden uitgewerkt in effectiviteitsmaten. Daarmee is de effectiviteit van het beleid te meten. De maten worden afgeleid van beleidsambities en bijbehorende doelstellingen;

- Functieën en prestatie-eisen definieren en afleiden*

Bij de effectiviteitsmaten worden maatregelen voorgesteld. Deze maatregelen worden beschreven met functionele eisen en bijbehorende prestatie-eisen. Deze vormen samen de prestatiematen. Het geheel van de prestatiematen specificert de duurzaamheid voor de betreffende infrastructuur;

- Eisen validatie*

De essentie van de validatiestap is om aan te tonen dat de gespecificeerde duurzaamheid

aansluit bij de ambities van het duurzaamheidsbeleid. Het rapport laat zien dat de beleidsdocumenten van de provincie Overijssel voldoende informatie bevatten voor het definiëren van effectiviteitsmaten voor provinciale infrastructuur. Met een voorbeeld is aangegeven dat beleidsambities op het gebied van duurzaamheid uitgewerkt kunnen worden in een specificatie van een weg.



“Je kunt je meteen concentreren op de eisen”

De provincie Overijssel pakt de verbeteringen aan de provinciale weg N34 tussen Ommen en de aansluiting op de A28 nabij Groningen samen met Tauw op. Maurice Lunenborg van de provincie Overijssel voert de regie over het hele project. “Tauw kwam met het voorstel om Systems Engineering toe te passen. Wij vonden dat een pluspunt, omdat je dan op een gestructureerde manier informatie boven tafel krijgt. Dat is ook meteen het verschil met de oude methode. Je hebt dan meer een bulk aan rapporten. Nu wordt de informatie naar concrete eisen vertaald. Eigenlijk kun je die meter dossiers weg doen en je meteen concentreren op de eisen die je aan de voorkant hebt gesteld. Dat vonden wij zo'n een aantrekkelijk idee dat we besloten om een pilot te draaien op basis van Systems Engineering.”

“Systems Engineering wordt wel ervaren als omslachtig”, weet Lunenborg. “Je moet toch aan de voorkant meer werk verrichten voordat je alle eisen goed hebt. Waar wij

in de planstudie tegenaan liepen was dat een aantal domeinen nog niet echt goed bekend was met Systems Engineering. Het bleek lastig om bijvoorbeeld duurzaamheid in concrete eisen te vatten. Daar was nog geen ervaring mee opgedaan. Omdat dit als ‘rompslop’ werd ervaren, moesten we nut en noodzaak van de methode duidelijker uitleggen. We hadden wel in onze omgevingsvisie omschreven wat we willen op het gebied van duurzaamheid, maar dan moet je vervolgens nog afzakken naar het niveau van de weg. De aspecten duurzaamheid en ecologie hebben wat meer tijd gekost om uit te kristallisieren. Het

was een zoektocht, maar het is wel gelukt. Voor ons heeft het uiteindelijk geleid tot een nieuwe ontwikkeltoos voor duurzaamheid.”

De provincie bekijkt of Systems Engineering ook in het vervolgtraject en in andere projecten kan worden ingezet. “Je moet dan wel kijken naar wat het nut en de noodzaak ervan is. Dit hangt onder andere af van de projectgrootte”, denkt Lunenborg. Hij is positief over de resultaten van Systems Engineering tot nu toe: “Het is efficiënter. Je weet veel meer. Maar het kost tijd en moeite. Je moet meer tijd inruimen voor ‘massawerk’ bij de medewerkers.”



“Meer snelheid en minder faalkosten”

Advies- en ingenieursbureau Tauw kreeg, in combinatie met verkeerskundig bureau Goudappel, de opdracht van de provincie Overijssel om een plan- en MER-studie uit te voeren voor de verbeteringen aan de N34. Tauw kwam met het voorstel om Systems Engineering toe te passen. Projectleider Joost Kruitwagen: “We deden dat voorstel, omdat we door toepassing van Systems Engineering de interne kwaliteit kunnen borgen. We hadden al ervaring met deze methodiek, maar dan met name in de civieltechnische hoek. Met een planstudie MER hadden we veel minder ervaring.”

bij de wensen van de gebruiker, dan kun je gewoon weer terug naar de tekentafel. Dat kost tijd en geld. Daarnaast ben je meer verzekerd van een haalbare planning, waarmee je ook weer bespaart aan de ‘achterkant’.”

Tauw begon de studie met de meest meetbare eisen, zoals het geluidsonderzoek, het civieltechnische ontwerp, het verkeersmodel, de luchtkwaliteit, de externe veiligheid, het water en de bodem. Vervolgens deed Frits Villemans onderzoek naar het omzetten van de omgevingsvisie in meetbare eisen. Hij was als adviseur via de

Vooral de ‘softie’ hoeken bleken lastig. Kruitwagen: “Waar moet een MER aan voldoen? Ja, het moet leesbaar zijn, maar wat is leesbaar? Het is een zoektocht geweest om daar grip op te krijgen en om te kunnen aantonen dat de MER goed is. Dat geldt voor duurzaamheid en ook voor ecologie. Iedereen moet van tevoren goed nadenken over de eisen waaraan zijn product moet voldoen. Anders kom je daar pas achter als de onderzoeksresultaten er liggen. Door Systems Engineering word je al op voorhand gedwongen na te denken. Het vooraf afstemmen en vastleggen van de producteisen zou er in theorie toe moeten leiden dat je de faalkosten reduceert. Als er uiteindelijk een product ligt dat niet aansluit

werkplaats Systems Engineering aangesteld om het onderzoek uit te voeren.

Kruitwagen is positief over Systems Engineering. “Je ziet het steeds vaker in de branche en Rijkswaterstaat heeft het zelfs al verplicht gesteld.” Hij ziet de toegevoegde waarde om de methodiek ook in andere projecten te proberen en prijst met name de ‘herleidbaarheid en terugvindbaarheid van keuzes’: “En het levert snelheid op”.



⌚ Uitgevoerde onderzoeken

Van traditioneel ontwerpproces naar Systems Engineering

Een onderzoek naar het verminderen van knelpunten in de planstudiefase van infrastructuurprojecten door middel van verificatiematriices volgens Systems Engineering.

ACHTERGROND

Het project 'Upgrading N34' is een voorbeeld van een complex en multidisciplinair project. De N34 is een belangrijke provinciale weg in de otsluiting van het noordoosten van de provincie Overijssel en het zuidoosten van de provincie Drenthe.

De provincie Overijssel wil de N34 inrichten als een stroomweg, waarover verkeersdeelnemers veilig met 100 km per uur kunnen rijden.

Advies- en ingenieursbureau Tauw voerde in samenwerking met verkeerskundig bureau Goudappel Coffeng de plan- en MER-studie uit. Provincie Overijssel

Auteur: Pieter Smit
Studierichting: BSc Civiele Techniek,
Universiteit Twente
Organisatie: Provincie Overijssel
Jaar: 2010

en de combinatie gaven beide aan dat er knelpunten waren binnen het proces van de planstudiefase, waardoor de opdrachtgever geconfronteerd werd met vertraging van het proces, kostenoverschrijding en discussie over de kwaliteit. Om de beheersbaarheid van het project te vergroten en de problemen te verminderen kwam Tauw met de optie om Systems Engineering toe te passen. Zowel de provincie als de combinatie wilden graag weten of de implementatie van Systems Engineering de knelpunten kon verminderen.

Doel van het onderzoek was een inventarisatie van de belangrijkste knelpunten binnen het proces van de traditionele planstudiefase. Het tweede doel was om te kijken of een verbetervoorstel op basis van Systems Engineering effect zou hebben op de knelpunten.

KNELPUNTEN

Uit het onderzoek kwamen vier hoofdknelpunten naar voren:

1. Raakvlakken tussen specialisten: de planstudiefase vergde intensieve samenwerking tussen verschillende disciplines, maar de specialisten werkten geregeld langs elkaar heen;
2. Structureren van informatie: informatie over het project werd onvoldoende gestructureerd, waardoor belangrijke informatie soms maar deels werd meegenomen



- bij beslissingen;
3. Interpretatie van de vraagspecificatie; door het impliciete karakter van de vraagspecificatie was het moeilijk voor opdrachtgever en opdrachtnemer om af te stemmen wat men werkelijk van elkaar verwachtte. Dat leidde onder andere tot onnodige ontwerpverherzieningen;
 4. Moeilijke herleidbaarheid van eisen; de eisen die werden gesteld aan een te ontwerpen weg of een te ontwikkelen rapportage waren veelal moeilijk herleidbaar.
- VERBETERVOORSTEL**
- De knelpunten uit het inventarisatieonderzoek hadden voornamelijk betrekking op het structureren en beheren van projectinformatie en op de samenwerking tussen de disciplines. Systems Engineering geeft vorm aan het structureren en beheren van functionele toepasbaarheid ervan in de praktijk.

RESULTATE

Uit het onderzoek kwam naar voren dat de toepassing van het verbetervoorstel op de toekomst. De belangrijkste aanbeveling is om door te gaan met het toepassen van Systems Engineering bij de N34 en mogelijke vervolgprojecten. De stappen om daar toe te komen zijn:

- Definities en werkwijzen standaardiseren;
- Het overnemen van het verbetervoorstel en andere Systems Engineering-methoden;
- Informatiepunten, kennisverbreiding en draagvlak realiseren.

de knelpunten grotendeels kon verminderen. De projectinformatie was beter gesstructureerd en de behoeften van belanghebbenden werd expliciter overgebracht. Daarnaast konden bronnen en bovenliggende en onderliggende eisen (beter) herleid worden. Ook konden specialisten elkaar onderling beter een explicite ‘developdracht’ meegeven. Door vermindering van de hoofdknelpunten is de verwachting, dat het proces van de planstudiefase in de toekomst minder te maken zal hebben met onder meer vertragingen en budgetoverschrijdingen. De knelpunten werden niet in zijn geheel opgelost. Dat kwam doordat de praktische toepasbaarheid behouden diende te blijven. Deze afwegingen rondom de praktische toepasbaarheid zijn mogelijk van tijdelijke aard. De aanbevelingen voor de provincie Overijssel en Tawu/Goudappel Coffeng zijn vooral gericht op de toekomst. De belangrijkste aanbeveling is om door te gaan met het



Combiplan: Systems Engineering in de realisatiefase

Auteur: Marc van den Berg
Studierichting: BSc Civiele Techniek,
Universiteit Twente
Organisatie: Combinatie Leo ten Brinke
Jaar: 2010

INLEIDING

Midden in het Overijsselse dorp Nijverdal werkt de Combinatie Leo ten Brinke aan een megaproject: het Combiplan Nijverdal. Het project omvat het verleggen van de rijksweg N35 die momenteel nog dwars door Nijverdal loopt en het bundelen van deze weg met het spoor tussen Almelo en Zwolle. Gedeeltelijk komen de rijksweg en de spoorbaan in een 1,5 km lange tunnelbak te liggen die deels overdekt wordt. Hierdoor zal het verkeer in de toekomst beter kunnen doorstromen, neemt de verkeersoverlast in het dorp af, verbetert de veiligheid en neemt de betrouwbaarheid van de treinverbindingen toe. De Combinatie Leo ten Brinke is verantwoordelijk voor het ontwerp en de uitvoering van dit project.

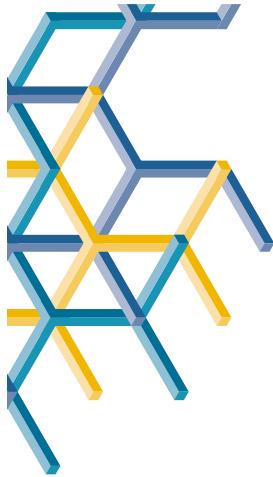
Deze aannemerscombinatie bestaat uit Hegeman Beton en Industriebouw BV, Van Hattum en Blankenvoort, Vialis en KWS.

Het bijzondere aan dit project is dat het wordt uitgevoerd volgens de methodiek Systems Engineering. Conform deze methode zorgt de combinatie gedurende de ontwerpfasen voor een steeds verdere afdeling en nadere specificering van de door de opdrachtgever gestelde contracteisen. Om richting de opdrachtgever aan te tonen dat aan alle contract- en afgeleide eisen voldaan wordt, worden het ontwerp en de gerealiseerde objecten gevierd aan de hand van de gestelde eisen.

Elke combinaat hanteert verder een kwaliteitsmanagementsysteem (KMS of KAM-systeem) om een goede werking van de bedrijfsvoeringsprocessen te waarborgen. Deze afzonderlijke systemen sluiten aan op het KAM-systeem van de kepel. De KAM-systemen schrijven voor de realisatiefase keuringen voor, waarmee de combinantaat ervoor kunnen zorgen dat de kwaliteit van de gerealiseerde objecten overeenkomt met datgene wat de klant wenst.

Er zijn door de combinatie spanningen geconstateerd tussen de geformuleerde eisen enerzijds en de keuringen (verificaties) anderzijds. De keuringen die uit de KAM-systemen volgen, sluiten namelijk niet goed aan op de contracteisen en daardoor afgeleide eisen. Een ander knelpunt is dat de disciplines verschillende inzichten bleken te hebben over de invulling van Systems Engineering in de realisatiefase. Om deze problemen te verhelpen, heeft de Combinatie Leo ten Brinke een nieuw format voor het keuringsplan opgesteld. Kenmerkend aan het nieuwe format is dat er (extra) keuringen kunnen worden opgenomen waarneem geen eis aangehaald wordt. De Combinatie Leo ten Brinke vraagt zich af of deze nieuwe werkwijze een efficiënte manier is om de geconstateerde knelpunten op te lossen. Zij wil weten in hoeverre de werkwijze (met daarin centraal het nieuwe keuringsplan)





- een eis gekoppeld zijn echter niet op in de keuringrapporten;
- De manier waarop de combinanten BCN en KWS bewijsdocumenten traceerbaar willen maken (namelijk archiveren per object), komt tot slot goed overeen met de verwachtingen van Rijkswaterstaat. Volgens het contract dienen de combinanten alle bewijsdocumenten echter afzonderlijk te coderen. Dit is tijdrovend en vormde voor de combinanten juist aanleiding om de huidige aanpak te veranderen.



- aansluit bij de verwachtingen van de opdrachtgever en de wijze waarop die verwachtingen in het contract verwoord zijn.
- Het doel van dit onderzoek is het doen van aanbevelingen voor het verbeteren van de toepassing van Systems Engineering in de realisatiefase van het project Combiplan Nijerdal. Dat gebeurt door een vergelijking te maken tussen de verwachtingen die de opdrachtgever heeft over de toepassing van Systems Engineering, de wijze waarop dit in het contract is verwoord en de aanpak die de Combinatie Leo ten Brinke hantert.
- Het nieuwe keuringsplan blijkt een praktische en werkbare oplossing. Het plan voldoet niet volledig aan de theorie van Systems Engineering, maar er is intern draagvlak voor en het voldoet aan de verwachtingen van de opdrachtgever;
- De wijze waarop de combinatie keuringrapporten en -nota's inricht, komt goed overeen met de verwachtingen van Rijkswaterstaat, maar sluit niet goed aan op de contracties. Volgens het contract moeten de resultaten van alle keuringen in deze documenten worden opgenomen. Conform de nieuwe werkwijze neemt de combinatie de resultaten van de keuringen uit het KMS die niet aan
- Uit het onderzoek vloeien de volgende aanbevelingen voort:
 - Hanteer voortaan voor keuringsplannen het nieuwe formaat; Stel richtlijnen voor den nieuwe werkwijze vast en laat deze door Rijkswaterstaat goedgekeuren;
 - Maak bewijsdocumenten per object traceerbaar;
 - Start bij BCN met het inscannen en digitaal archiveren van bewijsdocumenten;
 - Investeer in het communicatieproces tussen werkvoorbereiders en uitvoerders;
 - Stimuleer het expliciet nemen van keuzes in de realisatiefase;
 - Verzoek Rijkswaterstaat tot het bieden van inzicht in de

AANBEVELINGEN

Uit het onderzoek vloeien de volgende aanbevelingen voort:

- Hanteer voortaan voor keuringsplannen het nieuwe formaat; Stel richtlijnen voor den nieuwe werkwijze vast en laat deze door Rijkswaterstaat goedgekeuren;
- Maak bewijsdocumenten per object traceerbaar;
 - Start bij BCN met het inscannen en digitaal archiveren van bewijsdocumenten;
 - Investeer in het communicatieproces tussen werkvoorbereiders en uitvoerders;
 - Stimuleer het expliciet nemen van keuzes in de realisatiefase;
 - Verzoek Rijkswaterstaat tot het bieden van inzicht in de

RESULTATEN

De belangrijkste bevindingen die uit het onderzoek naar voren komen:



Sinds 2008 zijn we in Nijverdal hard aan het werk om een groot knelpunt in de rijksweg N35 tussen Almelo en Zwolle op te lossen. Door de aanleg van het Combiplan worden de N35 en de spoorlijn over een lengte van circa 6 km gehuindeld en kruisen zij het centrum van Nijverdal in een gecombineerde spoor- en weg tunnel! Het bijzondere aan dit project is het feit dat wij als opdrachtnemer te maken hebben met twee opdrachtgevers (RWS en ProRail) en daarnaast vele stakeholders waarmee afstemming moet plaatsvinden om voldoende invulling te kunnen geven aan onze Design & Construct-opdracht.

- stakeholdersbehoeften;
 - Creëer meer betrokkenheid van de tweedelijns toetsfunctionaris bij het projectteam;
 - Onderzoek hoe KAM-systemen geschikt kunnen worden gemaakt voor Systems Engineering;
 - Onderzoek het nut van het invoeren van een nieuw softwarepakket voor het verificatieproces.
- CONCLUSIE**
Het opvolgen van de aanbevelingen leidt



Lezenbrinke		Gepland	Actueel	Voltooid
Start bouwperiode	2008-01-01			
Bouwperiode	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start opname	2008-01-01			
Opname	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start afname	2008-01-01			
Afname	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start levering	2008-01-01			
Levering	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start inspectie	2008-01-01			
Inspectie	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start gebruik	2008-01-01			
Gebruik	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start evaluatie	2008-01-01			
Evaluatie	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start herhaling	2008-01-01			
Herhaling	2008-01-01 tot 2011-01-01			
Start volgende periode	2008-01-01			
Volgende periode	2008-01-01 tot 2011-01-01			

Systems Engineering volgens Robert Maat, Hegeman

Complexe materie

Om de tunnel te kunnen bouwen werd over een lengte van 3 km het bestaande spoor verwijderd en een extra kopstation aan de westzijde gerealiseerd. De treinreizigers worden gedurende een maximale periode van 3 jaar met bussen vervoerd tussen dit nieuwe kopstation en het 'oude' station aan de oostzijde.

In ons contract waren een behoorlijk aantal eisen opgenomen die ervoor moesten zorgen, dat wij een tijdelijke voetgangersverbinding realiseerden tussen het nieuwe kopstation Nijverdal-West en het aan de zuidkant gelegen busstation. Dit met de wetenschap dat hiervoor ook nog eens circa 30 hoogtemeters en zowel de nieuwe N35 als ook de spoorlijn (dubbelspoor) moesten worden overbrugd. Het ontwerp voor een loopverbinding op basis van de contracteisen: het moet veilig én comfortabel zijn en de prijs/

Gezien het feit dat de gemeente Hellendoorn met het Avonturenpark reeds een trekpleister van formaat heeft, zagen we het als opdrachtneemner niet zitten om deze 'voorgeschreven' oplossing ook daadwerkelijk uit te gaan voeren.

Nieuwe eisen

Terug naar de kern was ons devies toen wij besloten om met de betrokken stakeholders ProRail, RWS en de gemeente Hellendoorn om tafel te gaan zitten. Afgesproken werd om alle voorgeschreven eisen los te laten en de vraag te beantwoorden wat nu werkelijk belangrijk was per stakeholder. Dat resulteerde in één topois: het systeem

dient de passagiers te faciliteren tussen het voorplein en het perron. Ook noemden zij een drietal aspecteisen: het moet veilig én comfortabel zijn en de prijs/

kwaliteit/verhouding moet gebaseerd zijn op een maximale levensduur van 5 jaar. Op basis van deze 'nieuwe eisenset' zijn wij vervolgens tot een alternatief ontwerp gekomen die de nieuwe N35 onderlangs kruist en waarbij de reizigers veel minder hoogtemeters (10 m in plaats van 30 m) moeten overwinnen.

Om de twee opties zo objectief mogelijk te kunnen wegen ten opzichte van elkaar zijn deze in een trade-off matrix (TOM) geplaatst. Vervolgens werden beide opties door alle partijen gescoord op een aantal aspecten. Het resultaat hiervan was dat alle partijen onafhankelijk van elkaar hebben gekozen voor het alternatieve ontwerp (zie afbeelding B).

Moraal van dit verhaal: denk niet te snel in oplossingen, maar houd zo veel mogelijk opties open door zo functioneel mogelijk te specificeren daar waar dat kan.



A



B

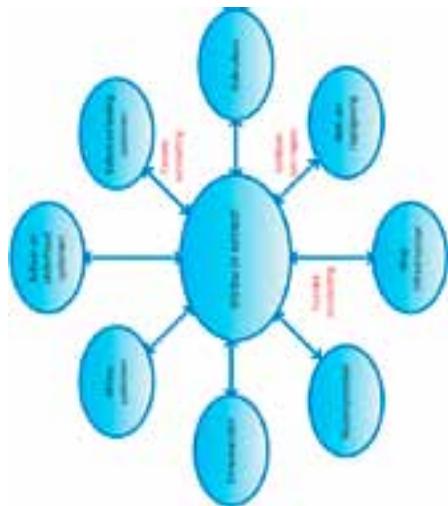
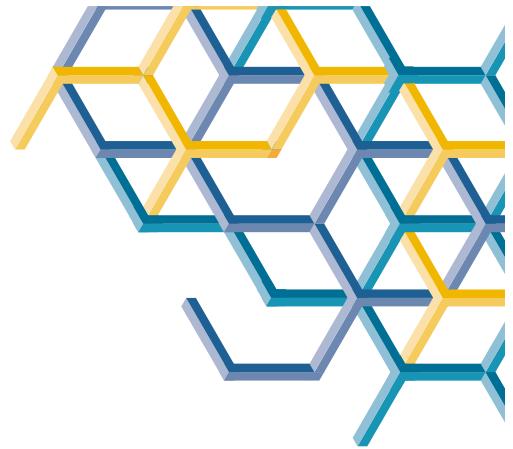




④ Systems Engineering in het onderwijs

Bedrijven en opdrachtgevers in de Twentse bouwkolom zijn zich er steeds meer van bewust, dat het werken en denken op de traditionele wijze niet meer leidt tot het gewenste resultaat.

Innovatie is ook voor hen noodzakelijk om de stap naar de toekomst te maken. Om daadwerkelijk te innoveren en processen op een andere manier vorm te geven, hebben zij behoefte aan medewerkers die kennis hebben van innovatie en nieuwe processen. En daar vervolgens ook mee kunnen werken. Het is van essentieel belang dat toekomstige professionals in kunnen spelen op deze behoefte. Dat is te realiseren door altijd tijdens hun opleiding daarvoor de basis te leggen. Stichting Pioneering werkt daarom nauw samen met diverse kennisinstellingen. Dat doet zij door zowel studenten als onderzoekers in te zetten bij pilotprojecten, onder meer door bijvoorbeeld onderzoek te doen naar specifieke onderdelen bij een project. De kennis die daaruit voortkomt wordt geïntegreerd in het onderwijs. Niet alleen in het reguliere onderwijs, maar ook in bij- en nascholingstrajecten, zodat medewerkers van bedrijven zich kunnen laten bijscholen in vernieuwende bouwprocessen en de Systems Engineering-methodiek. Zo ontstaat er voor zowel kennisinstellingen als opdrachtgevers een win-winsituatie.



Uitgevoerde onderzoeken

Diverse opleidingen vertalen de kennis die studenten en onderzoekers opdoen tijdens de pilotprojecten en werkplaatsonderzoeken rechtstreeks naar het onderwijs. Doordat de werkplaats pilotprojecten heeft in zowel de civiele als de woning- en utiliteitsbouw bieden bouwkundige én civiele opleidingen Systems Engineering als vak aan. Hierbij worden praktijkvoorbereelden en situaties uit de pilotprojecten ingebracht om de methode voor de studenten praktisch en inzichtelijk te maken. UT, Saxion en ROC van Twente hebben gezamenlijk een collegacyclus ontwikkeld die zij toepassen bij de verschillende opleidingen.

ROC VAN TWENTE

Zowel de opleiding Bouwkunde als Civiele Techniek boden studenten in het

schooljaar 2009/2010 het vak Systems Engineering aan. In het vierde jaar volgden de studenten InfraTechniek een cursus Systems Engineering. Na afloop van de cursus ontving de groep een certificaat.

SAXION

Saxion biedt het vak Systems Engineering aan bij de opleidingen Bouwkunde en Civiele Techniek. In het eerste jaar van de opleiding Bouwkunde is Systems Engineering verwerkt in het project waar studenten op dat moment mee bezig zijn. Zij schrijven voor het betreffende project een plan van aanpak, waarvoor de Systems Engineering-principes de basis vormen. In het tweede jaar

wordt Systems Engineering als vak gegeven. De collegecyclus, die samen met de andere kennisinstellingen

is ontwikkeld, komt dan in vijf colleges aan bod. Onderwerpen zijn onder meer stakeholdersanalyse, eisenanalyse, functionele analyse, ontwerp en het V-model. Daarnaast krijgen de studenten gastcolleges van gastdocenten die in de beroepspraktijk met Systems Engineering werken. Dit zijn met name projectleiders van een van de pilotprojecten, die vanuit de aannemer of de opdrachtgever (een woningcorporatie) hun ervaringen delen met het toepassen van Systems Engineering bij een woningbouwproject. Ook bij Civiele Techniek wordt Systems Engineering als vak gegeven. Hier komt het vak in acht colleges aan bod tijdens het tweede jaar van de opleiding.

UNIVERSITEIT TWENTE

De UT heeft bij verschillende technische opleidingen Systems Engineering geïntegreerd in het onderwijs. Zo komt bij de bachelor Civiele Techniek in het eerste jaar Systems Engineering aan bod tijdens de module Bouwmanagement. Bij de masteropleidingen Civil Engineering & Management en Construction Management & Engineering maakt Systems Engineering onderdeel uit van het vak Collaborative Design & Engineering. Praktijkvoorbeelden uit de pilotprojecten van de werkplaats vormen veelal de basis van de lesstof. Daarnaast doen de studenten onderzoek op het gebied van Systems Engineering



Op Tijdens deze leergang leren de deelnemers onder andere hoe ze een stakeholdersanalyse moeten maken, hoe ze een functioneel en gestructureerd programma van eisen op moeten stellen en hoe ze een effectief ontwerpteam op kunnen stellen waarbij ze de juridische mogelijkheden in oogenschouw moeten nemen. De leergang biedt partijen handvatten om over te stappen naar een andere, vernieuwende werkwijze en aanpak van bouwprojecten. De deelnemers werken tijdens de praktijkgerichte leergang een case uit op basis van Systems Engineering. Zij kunnen daarbij gebruik maken van templates en tools die dit proces ondersteunen. Tot slot delen verschillende gastsprekers hun kennis over en ervaring met deze nieuwe werkwijze.



bij de deelnemers van de werkplaats.

STUDIEBOEK

Er is veel literatuur over Systems Engineering te vinden, maar een Nederlandstalig boek dat is toegespitst op toepassing van de methode in de woning- en utiliteitsbouw is er nog niet. Veel van de beschikbare literatuur komt uit de civiele of ICT-sector. Zo heeft de GWW-sector de leidraad Systems Engineering opgesteld en heeft BAM de Systems Engineering Wijzer ontwikkeld. Om het onderwijs te ondersteunen en lesstoffen beschikbaar te stellen, ontwikkelt Robin de Graaf van de UT op basis van onder meer zijn ervaringen als onderzoeker, chef en voorzitter van de werkplaats een studieboek gericht op Systems Engineering in de woning- en utiliteitsbouw. Het studieboek is ook te gebruiken voor het onderwijs in

civiele opleidingen. De pilotprojecten die binnen de werkplaats met Systems Engineering zijn ontwikkeld, vormen samen met de theorie de uitgangspunten voor het boek. De opgedane kennis en ervaringen worden gebruikt om de theorie te ondersteunen door middel van praktijkvoorbeelden.

LEERGANG VERNIEUWENDE BOUWPROCESSEN

Veel partijen zien in dat ze op een andere manier moeten gaan werken om optimaal resultaat te bereiken. De vraag is alleen wel hoe ze dat gaan doen. Het is niet eenvoudig om van jarenlange gewoontes en werkwijzen over te stappen op een methode die een andere denkwijze vergt. Om partijen hierbij te ondersteunen, zet Stichting Pioneering samen met haar kennispartners een leergang Vernieuwende Bouwprocessen

“Verbindingen leren zien van klant tot uitvoering”

Het is nu vijf jaar geleden dat Saxon startte met het integreren van Systems Engineering in het onderwijsprogramma van de opleiding Civiele Techniek. Na een jaar van intensieve voorbereiding kunnen studenten sinds 2009 in het eerste jaar van hun opleiding kennis maken met deze methodiek. Giny Steggink is als docent/onderzoeker betrokken geweest bij de opzet van dit lesprogramma. “Het is vanwege de abstractie een lastig vakgebied voor hbo-studenten. Door het onderwijs praktisch vorm te geven, leren studenten verbindingen te zien van klant tot uitvoering.”

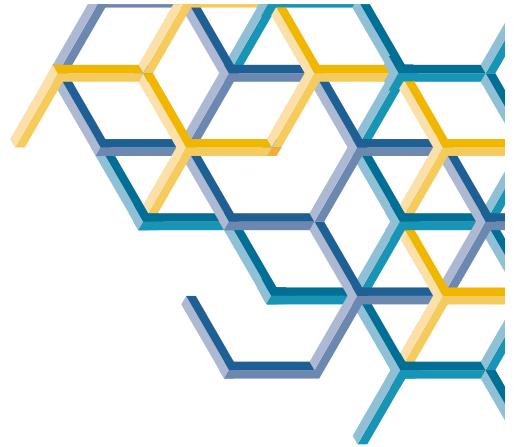
Innovatief
Vijf jaar geleden liep Saxon met de introductie van Systems Engineering voor op het bedrijfsleven. “De studenten die binnen civiele bedrijven stage liepen, wisten meer over de toepasbaarheid van de methodiek dan de meeste bedrijven zelf. Er werd dus een bepaalde awareness gecreëerd bij de ondernemers. In de loop der tijd zijn zij zich echter steeds meer gaan toeleggen op het toepassen van Systems Engineering en nu zie je dat de kennis vanuit de bedrijven juist weer de overhand neemt. Zo ontstaat er een mooie uitwisseling én wisselwerking van kennis en ervaring tussen het beroepsveld en de kennisinstelling.”

Plan en proces begrijpen
Volgens Steggink is Systems Engineering echt iets wat je moet beheersen. “Je moet snappen hoe contractvormen, zoals Design & Construct, in elkaar zitten. Ook moet je kunnen aantonen dat de eisen van de stakeholders goed zijn verwerkt in het ontwerpproces door zo lang mogelijk in functies te denken en niet te snel in oplossingen. Juist ook in de uitvoeringsfase. Op dit moment werken we met het programma Relaties. In dit systeem voeren de studenten alle eisen van een project in, waaruit vervolgens een degelijk contract komt. Neem bijvoorbeeld het ontwerp

van een bungalowpark. Daarin zitten verschillende onderdelen, zoals riolering, water en overige infrastructuur. Aan ieder object hangen eisen, die ze van grof naar fijn in het systeem moeten zetten. Het programma ordent deze eisen, waarna er een overzicht per object gedestilleerd kan worden. Het is aan de student om te begrijpen hoe een dergelijk plan nu ontstaat en hoe dat proces in elkaar steekt. Het is daarbij belangrijk dat ze niet verzonden in het stellen van eisen, maar dat ze een plan efficiënt en praktisch oppakken. Ze moeten echt bij de kern van een project blijven.”

Bijdragen aan kennissuitwisseling
De toevoeging van Systems Engineering aan de opleiding Civiele Techniek is volgens Steggink van meerwaarde voor de student. “Studenten die kennis van Systems Engineering hebben, hebben een streepje voor bij sollicitatieprocedures. Daardoor ze een bepaalde manier van denken ontwikkelen, kunnen ze hun functie naar een hoger plan tillen. De vraag uit de markt naar degelijke, jonge professionals is in toenemende mate aanwezig. Voor ons als kennisinstelling is het zaak om voor innovatief onderwijs aan te blijven bieden. Dat proberen we onder meer door samen te werken met bedrijven. Met Hegeman Beton- en Industriebouw





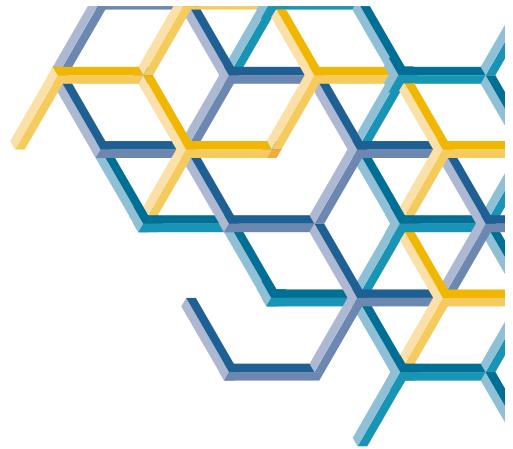
bijvoorbeeld starten we binnenkort met een nieuw project, waarbij studenten de realisatie van een trektunnel onder de loep nemen. Die afgelopen jaren hebben we met hetzelfde bedrijf de aanleg van een tijdelijke loopverbinding bij het Combiplan Nijverdal als lesprogramma aangeboden. De studenten moesten deze loopverbinding zelf ontwerpen, waarbij ze de wensen van alle stakeholders zoals NS, ProRail, gemeente en omwonenden moesten vertalen in eisen en deze vervolgens opnemen in het ontwerp. Zelfkeuzes maken, ontwerpen, invoeren in Relaties, alternatieven aandragen, veiligheid en budgetbepaling, alle projectaspects zijn op basis van Systems Engineering benaderd. Door ook op locatie het project te bezoeken en door gastcolleges van Hegeman te volgen, leerden de studenten om te kiezen voor de beste oplossing. Het mooie van een bedrijf als Hegeman is dat zij ook tijd steken in ons onderwijs. Zij zien de meerwaarde voor toekomstige studenten én de arbeidsmarkt door actief bij te dragen aan kennisuitwisseling. En onze docenten kunnen op hun beurt weer worden ingezet voor trainingen aan hun personeel. Een mooie wisselwerking dus tussen Saxon, Stichting Pioneering en het bedrijfsleven”, besluit Giny Steggink.



⑤ Kennisdeling

Het hoofddoel van Pioneering is om de Twentse bouw te vernieuwen. Kennisdeling is een belangrijke voorwaarde om die vernieuwing te realiseren. Na evaluatie van de pilotprojecten stelt de werkplaats kennis en ervaring beschikbaar aan bedrijven uit de Twentse bouwkolom.

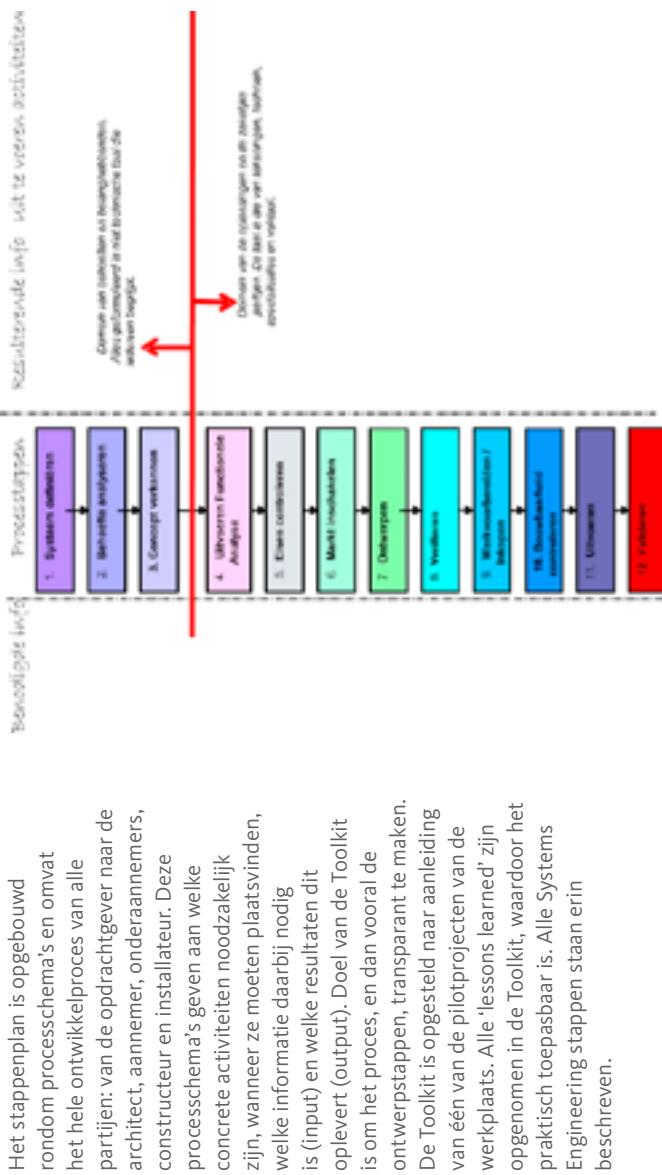
Dat gebeurt op verschillende manieren, zoals verslaglegging van de resultaten van pilotprojecten, het organiseren van bijeenkomsten en projectbezoeken en de ontwikkeling van een praktisch stappenplan. Daarnaast wordt alle beschikbare informatie op de website van Pioneering gezet (www.pioneering.nl), zodat deze voor iedereen toegankelijk en te gebruiken is. Voorbeelden van kennisdeling uit het verleden zijn hieronder te lezen.



Toolkit Systems Engineering

De Toolkit Systems Engineering biedt een stappenplan voor het toepassen van Systems Engineering in de woning- en utiliteitsbouw. De Toolkit is het resultaat van de ervaringen die de werkplaats Systems Engineering heeft opgedaan in diverse projecten. Denk daarbij aan het eerste woningbouwproject in Nederland dat met Systems Engineering is uitgevoerd, zie ook elders in deze uitgave. De Toolkit is beschikbaar gesteld op de website van Pioneering, zodat de kennis voor iedereen toegankelijk is.

Het schema in onderstaande afbeelding is een overzicht van alle stappen van de Toolkit Systems Engineering. In de Toolkit worden alle stappen afzonderlijk verder toegelicht. Naast een omschrijving van alle processtappen biedt het de gebruiker een aantal hulpmiddelen. Deze geven ondersteuning bij het toepassen van Systems Engineering in de praktijk, bijvoorbeeld bij het opstellen van een contextdiagram of Macht-Belang diagram.



“SE-toolkit maakt bouwproces soepeler”

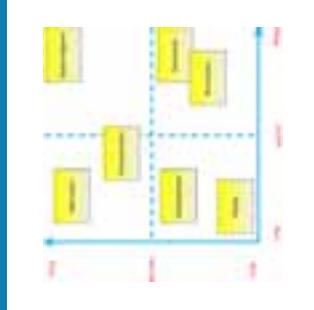


Opleverlijstje
De Toolkit omvat het hele ontwikkelproces van alle betrokken partijen. “Uit de praktijk bleek dat dit proces niet altijd even transparant was, vooral de ontwerpstappen niet. De keuzes die een architect maakt om het programma van eisen te vertalen naar een ontwerp zijn niet altijd te volgen voor anderen”, legt Robin uit. “Met deze toolkit willen we het ontwerpproces transparanter maken”. Joyce: “Het opleverlijstje aan het eind van de realisatie komt vaak niet overeen met het programma van eisen. Een behaaglijke woning is niet hetzelfde als een woning met verwarming. Je bent overgeleid aan de kennis en ervaring van de architect en fouter komen vaak pas tijdens de uitvoering aan het licht. Als opdrachtgever wil je graag eerder weten of de beste oplossing is gekozen. Wanneer keuzes inzichtelijk zijn, kunnen ook andere deskundigen meekijken en adviseren. De Toolkit is een hulpmiddel om het proces transparanter te maken.”

“Met de Systems Engineering-toolkit is het hele bouwproces beheersbaar en controleerbaar”. Dat beloven Joyce Kloosterman en Robin de Graaf van de werkplaats Systems Engineering. De toepassing van Systems Engineering levert een beter resultaat op voor alle betrokkenen: meer kwaliteit, minder kosten, minder faalkosten en vooral een transparant systeem. Maar in de praktijk blijkt dat het voor veel bedrijven toch een abstract begrip blijft. “We wilden dit handzamer maken voor de bouw”, verklart Joyce de ontwikkeling van de Toolkit. Robin vult aan: “De Toolkit voegt stapjes toe aan het gehele ontwikkelproces, van eerste idee tot en met oplevering, waardoor het hele proces soepeler verloopt.”

Opleverlijstje
nog niet”, weet Joyce. “Terwijl Systems Engineering in de civiele techniek al verplicht is; Rijkswaterstaat en ProRail stellen dit zelfs als eis.”

De Systems Engineering-toolkit is vooral praktisch bij complexere taken, bijvoorbeeld in een bouwteamconstructie. Het delen van de kennis leidt ertoe, dat partijen elkaar naar een hoger niveau brengen. “Het is een goede basis, waarbij elk stapje nog verder uitgebreid kan worden. De Toolkit is opgezet als een groeimodel”, legt Robin uit. “We blijven nieuwe ervaringen en inzichten telkens toevoegen. Uiteindelijk is het de bedoeling om iedere step te voorzien van voorbeeldformulieren, bijvoorbeeld een programma van eisen opgesteld op de Systems Engineering-wijze”. Suggesties ter verbetering en aanvulling zijn zeer welkom, net als nieuwe projecten waarin deze Toolkit een hulpmiddel kan zijn. “Iedereen mag reageren”.



Van A tot Z
Een seniorencomplex van wooncorporatie Beter Wonen in Almelo fungeerde als pilotproject voor de ontwikkeling. Alle lessen die daaruit geleerd konden worden, zijn verwerkt in de Toolkit. De stappen van Systems Engineering zijn van A tot Z beschreven, door spekt met voorbeelden en de geleerde lessen. “Een dergelijk stappenplan was er voor de woningmarkt

Bijeenkomsten en projectbezoeken

Door alleen onderzoeken uit te voeren en partijen te ondersteunen bij het toepassen van Systems Engineering wordt kennis natuurlijk niet overgedragen. En dit is wel het doel van Pioneering en de werkplaats: het delen van kennis om zodoende de Twentse bouw te innoveren.

Om dit te realiseren heeft de werkplaats de afgelopen jaren diverse activiteiten georganiseerd. Zo zijn er bijeenkomsten, zoals symposia en Meet & Greets, gehouden om interessante resultaten van pilotprojecten en onderzoeken aan een breed publiek te presenteren.

Daarnaast werkt kennisdeling het beste door daadwerkelijk een bezoek te brengen aan de bouwplaats of het opgeleverde project. Onderstaand een weergave van deze werkbezoeken, waar men met eigen ogen kon zien wat het uiteindelijke resultaat van een project is.

BEZOEK COMBIPLAN

Het Combiplan in Nijverdal is een grootschalig infrastructuur project in opdracht van Rijkswaterstaat. De N35, die dwars door Nijverdal loopt, wordt verlegd en gebundeld met het spoor tussen Almelo en Zwolle. In Nijverdal komt de rijksweg samen met het spoor in een 1,5 km lange tunnel te liggen. De toepassing van Systems Engineering moet zorgen voor een succesvolle realisatie van het project. Ook moet het zorgdragen voor de aanleg van infrastructuur waar daadwerkelijk behoefte aan is en die zo veel mogelijk aan de eisen en wensen van de verschillende stakeholders voldoet.

Op 29 september 2011 bracht een divers gezelschap, waaronder (civiele) bouwbedrijven, architecten,



gemeenten, ingenieurs en adviseurs, een werkbezoek aan het Combiplan.

Het project is volledig met Systems Engineering opgepakt. Dit betekent onder meer dat alle eisen gestructureerd zijn vastgelegd, alle stakeholders bij het project betrokken zijn, er oplossingsvrij is gespecificeerd (hetgeen tot optimale oplossingen leidt) en er heldere verificatieplannen liggen waarmee eisen kunnen worden aangetoond.

De deelnemers kregen een rondleiding langs de toekomstige tunnel en bekijken een uitkijktoren van waaruit zij een goed overzicht hadden over de bouwplaats. Aansluitend aan het bezoek kregen zij een toelichting over de wijze waarop Systems Engineering bij dit project is toegepast.



is te verklaren, doordat er vanaf het prille begin sprake was van een goede combinatie van Systems Engineering principes, projectmanagement, het werken in een bouwteam en het activeren van de omgeving.

Een goede reden om na oplevering van het eerste deel het complex te bezichtigen en een toelichting te krijgen op het Systems Engineering proces. Voorafgaand aan de bezichtiging deelden opdrachtgever AWS Beter Wonen en aannemer Dura Vermeer Bouw Hengelo hun ervaringen met Systems Engineering. Volgens AWS Beter Wonen en Dura Vermeer stop je met Systems Engineering extra tijd en energie in het voortraject, maar verdien je dit in een later stadium dubbel en dwars weer terug. Een aantal voordeelen die zij noemden:



- Afspraken en eisen liggen vast (met argumentatie);
- Eisen zijn helder en gestructureerd vastgelegd;
- Marktpartijen zijn in een vroeg stadium betrokken;
- Eisen zijn oplossingsvrij gespecificeerd, waardoor expertise uit de markt kan worden ingezet;
- Stakeholders (onder andere de afdeling wonen, omwonenden, potentiële huurders, brandweer en nutsbedrijven) zijn in een vroeg stadium betrokken waardoor er veel draagvlak is ontstaan;
- Geen meerwerkosten voor de opdrachtgever in de uitvoeringsfase. Aansluitend op de presentaties kregen de deelnemers een rondleiding door het appartementencomplex.



BEZOEK ROMBOUT VERHULST

De bouw van een appartementencomplex voor senioren in Almelo is het eerste woningbouwproject in Nederland dat met Systems Engineering is opgepakt. Het project is binnen budget, tijd en met goede kwaliteit opgeleverd. Dat

werkplaatsen een symposium waarbij deze partijen hun kennis konden delen. Daarnaast werden de voorlopige resultaten van het onderzoek naar de toepassing van BIM en Systems Engineering gepresenteerd.

Tijdens deze middag toonden de gastsprekers van Tauw, Heijmans en Royal Haskoning mooie oplossingen, die zij inmiddels toepassen op hun projecten. Voordelen van het combineren van BIM en Systems Engineering volgens hen zijn:

1. Koppeling eisen en ontwerp; aan de ontworpen 3D-objecten hangen eisen die de ontwerper direct bij het 3D-tekenen ziet;
2. Eisen en objecten binnen een 3D-model worden in systemen vastgelegd en verbonden aan elkaar, waardoor een object ontstaat met volledige informatie;
3. In alle fases van het bouwproces zijn modelen eisen zichtbaar en toetsbaar, ook op en tijdens de bouw.

SYMPOSIUM BIM-SE
Building Information Modeling (BIM) en Systems Engineering sluiten naadloos op elkaar aan. Met Systems Engineering worden eisen en hun raakvlakken gestructureerd vastgelegd en functies worden oplossingsvrij gespecificeerd. Daarnaast zijn verificatie en validatie belangrijke aspecten van Systems Engineering, zowel gedurende het ontwerpproces als tijdens de uitvoering. BIM maakt oplossingen visueel inzichtelijk en toont Systems Engineering eisen in het

De presentaties leidden tot een aantal discussies, waaruit de volgende aandachtspunten naar voren kwamen:
- Het is belangrijk dat de methodiek in het onderwijs opgenomen wordt, zodat afgestudeerde studenten hiermee kunnen werken;





- Zorg voor één standaard voor SE & BIM-tool, zodat niet ieder bedrijf een eigen tool heeft, maar alle verschillende partijen met elkaar samen kunnen werken.

Kijk voor meer relevante onderzoeken, de Toolbox en beschikbare kennis op de website van Stichting Pioneering, www.pioneering.nl.



6. Systems Engineering in de publiciteit

De werkplaats Systems Engineering heeft de afgelopen jaren flink geïnvesteerd om de Twentse bouw te vernieuwen. Ook heeft ze zich ingezet voor een bredere toepassing van de Systems Engineering methodiek door een groter aantal partijen in Twente. Deze inzet is niet onopgemerkt gebleven. Door vernieuwende pilotprojecten, bruikbare onderzoeken en de ontwikkeling van hulpmiddelen heeft de werkplaats diverse malen zowel de regionale als landelijke publiciteit gehaald. Een ideale manier om de kennis en ervaring vanuit de werkplaatsdeelnemers te delen en meer mensen bekend te maken met Systems Engineering. Hieronder een greep uit de publicaties die onlangs in de media zijn verschenen. De teksten zijn een samenvatting van het gehele artikel. Deze complete artikelen zijn te vinden op de website www.pioneering.nl.

Systems Engineering succesvol toegepast door Woningcorporatie Beter Wonen

SAMENVATTING

De Almeloise woningcorporatie Beter Wonen is de eerste organisatie die Systems Engineering in de Nederlandse woningbouw heeft toegepast. In februari 2012 leverde de corporatie het project Rombout Verhulstaan op; een appartementencomplex met 73 seniorenwoningen. Door de toepassing van Systems Engineering sluit het complex aantoonbaar beter aan bij de wensen van klanten en eindgebruikers en werd het planvormingsproces drie keer sneller afgerond dan gebruikelijk.

Vier belangrijke pijlers van SE speelden daarbij een rol:

- Geïnterviewden:
 - Robin de Graaf - docent Bouw/Infra van Universiteit Twente en onderzoeker Werkplaats Systems Engineering
 - Bas Klaver - werkzaam bij Dura Vermeer Beton en Waterbouw Alexander Leicher - afstudeerde Bouw/Infra vanuit de Universiteit Twente,
 - Gerton Mekkelholt - projectleider Beter Wonen en deelnemer aan de Werkplaats Systems Engineering
- Medium: Building Business
- Publicatiedatum: augustus 2012

bewoners, omwonenden, Cosbo en een vertegenwoordiger van de wijkhouderscommissie.

2. UITVOERINGSSASPECTEN

VERWERKEN IN HET ONTWERP
De bouwbaarheid (constructability) verbeterde door al bij het ontwerpproces de kennis van ervaren bouwers in te zetten en zo veel mogelijk gebruik te maken van gestandaardiseerde constructie-elementen. Het architectonisch ontwerp werd op belangrijke punten aangepast op initiatief van de aannemer en installateur. Dat leverde behalve een kostenbesparing ook minder faalkosten zoals constructiefouten op.

1. BELANGHEDDENDEN ACTIEF BETREKKEN

Belanghebbenden werden al in het ontwerpstadium actief betrokken bij de totstandkoming van het gebouw. Daardoor sluit het gebouw beter aan op hun wensen en is de acceptatiegraad aanzienlijk hoger. Beter Wonen richtte een klankbordgroep op met

3. WAARDEDENKEN (VALUE MANAGEMENT)

Om de gebruikswaarde van een product te vergroten is het belangrijk dat ontwikkelaars continu nadrukken over de verhouding functionaliteit/kosten. Aan de Rombout Verhulstaan heeft dit onder andere geleid tot een



Systems Engineering leidt tot binding tijdens bouwproject

andere dakbedekking dan het grind waar de architect in eerste instantie voor had gekozen. De onderhouds- en beheerafdeling wist proefondervindelijk dat vogels het nog wel eens meenemen en laten vallen, met schade aan ramen en auto's tot gevolg.

4. VERIFICATIE

Bij Systems Engineering is niet de opdrachtgever, maar de opdrachtnemer verantwoordelijk voor de kwaliteit van het eindproduct. Het gezamenlijk opstellen van een keuringsplan door Beter Wonen en Dura Vermeer leidde tot wederzijds begrip en meer vertrouwen in de kwaliteit van uitvoering.

SAMENVATTING

Dura Vermeer gebruikte een nieuwe methode voor de ontwikkeling en bouw van 73 seniorenapartementen in Almelo. Normaal gesproken werkt de architect het programma van eisen uit tot een bestek. De aannemer maakt er een uitvoeringsbestek van en hij gooit het op zijn beurt over de schutting van de onderaannemers. Een inefficiënte en kostenverhogende werkmethode.

De inzet van het instrument Systems Engineering zorgde ervoor dat een integraal team van opdrachtgever, aannemer, architect, installateur en constructeur een puur functioneel programma van eisen opstelden. Bovendien dacht de eindgebruiker al aan de ontwerptafel mee. Projectmanager Hans Kuijpers van Dura Vermeer geeft aan dat het functionele ontwerp gaandeweg invulling kreeg binnen het projectteam. Daarbij hielden de teamleden steeds de wensen van de bewoners voor ogen.



Systems Engineering in de woningbouw levert voordelen op

Want dit artikel is toegestaan om te worden gedownload en opgeslagen.
Beleefbare toepassing op een specifieke computer kan worden toegestaan.
Auteursrechten blijven bij de auteur en zijn niet te verbinden aan individuele gebruikers.
Copyright van dit artikel is in bezit van de uitgever en moet niet worden verstrekt aan
enige derde partij of worden verveleerd. Voor belangrijke details zie de voorwaarden.

Keurig Keuren

- Een deel van de nieuwe weg en het spoor komen in een tunnel te liggen.
- Opdrachtnemer is Combinatie Leo ten Brinke, bestaande uit Van Hattum en Blankevoort, Hegeman Beton- en Industriebouw, KWS en Volker Infra Systems (Vialis).
- Johan van Tillaart - Aveco de Bondt (VolkerWessels)

Medium: Uitgave Combiplan Nijverdal

Een deel van de eisen kan met de afleiden van eisen kan met de keuringen aangevoerd worden dat aan de functionele contracteis is voldaan.

Geinterviewden:

- Robert Maat – projectleider Combinatie Leo ten Brinke namens Hegeman Beton- en Industriebouw
- Johan van Tillaart - Aveco de Bondt (VolkerWessels)

SAMENVATTING
De N35 loopt dwars door Nijverdal. Om de leefbaarheid en veiligheid in het dorp te verbeteren, werken Rijkswaterstaat en ProRail samen in het Combiplan Nijverdal. Rijkswaterstaat verplaatst de weg naar het noorden en ProRail legternaast het spoor aan.

Het project Combiplan Nijverdal maakt gebruik van Systems Engineering. Stichting Pioneering hielp bij de doorontwikkeling ervan. Dat leidde onder andere tot een geïntegreerd keuringsplan voor de uitvoering. Volgens projectleider Robert Maat van Hegeman Beton- en Industriebouw bespaart dat behoorlijk in de administratieve last.

In het kader van Systems Engineering verlangt Rijkswaterstaat dat de opdrachtnemer zelf de kwaliteit waarborgt. Johan van Tillaart werkt bij Aveco de Bondt (VolkerWessels) en adviseert de bouwcombinatie over Systems Engineering. Hij geeft aan dat Rijkswaterstaat de eisen op functioneel niveau beschrijft. Er wordt bijvoorbeeld niet aangegeven hoe betonnen onderdelen van de tunnel gemaakt moeten worden, maar wel welke functie de tunnel moet vervullen.

Het is aan de opdrachtnemer om de functionele prestatie-eisen uit te werken in constructie-eisen en materiaalkeuzes. Door het expliciet



Stichting Pioneering

Rijkswaterstaat en de Nederlandse Spoorwegen zijn trots op hun samenwerking met de stichting Pioneering voor dit project. Pioneering is een stichting voor het ontwikkelen van innovatieve technologieën voor de wegenbouw. Kortom, het doet wat wij kunnen om de toekomst van de wegenbouw te voorbereiden. De toekomst van de wegenbouw ligt in de innovatie. Die innovatieve toepassingen maken het mogelijk om de wegenbouw meer duurzaam en efficiënt te maken. Het is belangrijk dat we samenwerken om deze toekomst te creëren.





Combiplan Nijverdal Keurig keuren met Systems Engineering

AUTEURS:

- Marc van den Berg – behaalde cum laude zijn Bachelordiploma Civiele Techniek aan Universiteit Twente met de afronding van een onderzoek bij Combiplan Nijverdal naar het verificatiemanagement in de realisatiefase
- Robin de Graaf – docent Bouw/ Infra aan Universiteit Twente en projectleider Werkplaats Systems Engineering

MET MEDEWERKING VAN:

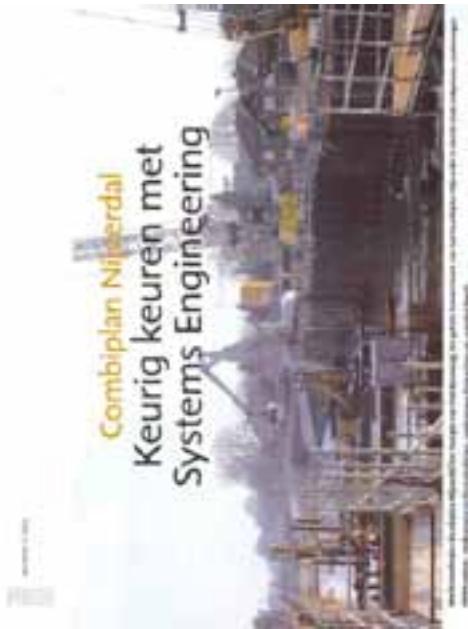
- Giny Steggink – docent Saxion en deelnemer projectgroep Systems Engineering
- Robert Maat – projectleider Combinatie Leo ten Brinke

Medium: Civiele Techniek

Publicatiedatum: Nr 4 2011

SAMENVATTING

Het Combiplan Nijverdal is een grootschalig infrastructuurproject in Oost-Nederland. Combinatie Leo ten Brinke past Systems Engineering toe voor het succesvol realiseren van het project. Er bestaat een spanningsveld tussen de (afgeleide) eisen uit de vraagspecificatie aan de ene kant (noodzakelijk volgens de Systems Engineering-methode), en de keuringen volgend uit het contractueel verplichte gecertificeerde



kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) aan de andere kant.

Systems Engineering is in essentie een transparante, systematische en expliciete werkmethode. De methode moet de efficiëntie van het totale bouwproces verhogen en resultaten opleveren die maximaal aansluiten op de klantvraag. De methode kent daarvoor een aantal technieken en één ervan is het uitvoeren van verificaties en keuringen. Daarmee

Combiplan Nijverdal Keurig keuren met Systems Engineering

moet de opdrachtnemer aantonen dat zijn product voldoet aan alle eisen van de opdrachtgever.

Door het naast elkaar gebruiken van Systems Engineering en KMS ontstaat er een grote, deels overbodige, administratieve last. Diverse keuringen uit het KMS toonden niet direct een (afgeleide) eis aan. Daarom werden er afgeleide eisen geformuleerd op basis van deze keuringen. Het bestaande keuringsplan uit het KMS werd als het ware 'overgeschreven' in het keuringsplan dat volgt uit het Systems Engineering-proces. En dan waren er ook nog eens verschillende inzichten over de invulling van Systems Engineering in de uitvoeringsfase. In de praktijk werd naast het keuringsplan dat voortkomt uit het Systems Engineering-proces een tweede keuringsplan gehanteerd, voortkomend uit het KMS. Dat deed men om de leesbaarheid voor de uitvoerder te vergroten.

Combiplan Nijverdal vond met de hulp van Stichting Pioneering een oplossing waarbij gewaarborgd wordt dat expliciet aan de contracteisen wordt voldaan, zonder dat er een grote (overbodige) administratieve last ontstaat. De medewerkers hebben de gedachte losgelaten, dat elke keuring per se een eis moet aantonen. Ook de administratieve last wordt aanzienlijk beperkt doordat ze voorafgaand aan de keuringen uit het KMS geen eisen meer formuleren en deze vervolgens in de eisenstructuur integreren. De keuringen die geen eis aantonen, maar die wel van groot belang zijn voor het leveren van een kwalitatief goed product worden toch in het keuringsplan opgenomen.

Hoewel deze methode niet helemaal overeenkomt met de gangbare (internationale) inzichten over Systems Engineering, is het een breed toepasbare, praktische oplossing omdat het draagvlak binnen het project groot is.





Pioneering wordt mede mogelijk gemaakt door



**regio
Twente**



Colofon

Teksten en foto's:
Stichting Pioneering

Vormgeving:
Carmen Oude Wesselink

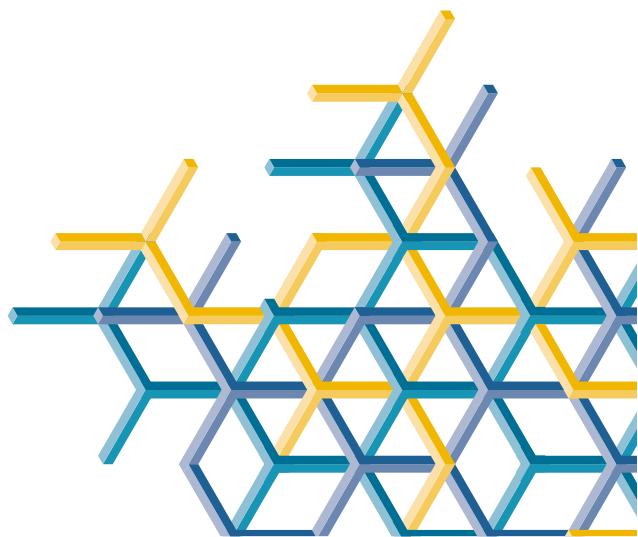
Eindredactie:

Evelien Klaasens

Druk:

Verhaag Drukkerij
Uitgave:

Stichting Pioneering
M.H. Tromplaan 28
7513 AB Enschede
www.pioneering.nl



Systems Engineering, waarom zou je nog anders werken?

Systems Engineering; voor verschillende partijen in de bouw is dit inmiddels een bekend begrip.

Met name in de civiele betonbouw en infra heeft Systems Engineering de afgelopen jaren een enorme vlucht genomen. In de woning- en utiliteitsbouw wordt Systems Engineering minder toegepast. De laatste jaren heeft de werkplaats Systems Engineering van Stichting Pioneering geprobeerd om nieuwe kennis hierover op te doen. Daarnaast hebben marktpartijen kennis uitgewisseld, waardoor Systems Engineering breder wordt toegepast. In dit boekwerk wordt teruggekeken op de projecten die vanuit de werkplaats zijn uitgevoerd. Leuk om te zien is dat Systems Engineering zowel op grote complexe werken, zoals het combiplan in Nijverdal, als op kleinere projecten, zoals de begraafplaats in Hellendoorn, succesvol als hulpmiddel kan worden toegepast.

