

EEN CIRCULAIRE LEVENSCYCLUS MET SYSTEMS ENGINEERING: HET VVVR MODEL

Over de toepassingsmogelijkheden en voordelen van Systems Engineering in het publieke domein

Publicatiedatum: 30 september 2024

Auteurs:

Ir. drs. Enno Kuipers, Sr. Adviseur Assetmanagement bij Waterschap Limburg en Eigenaar Amfuturum
Ir. Sascha Stikkelorum, Consultant Assetmanagement bij IES Asset Management, onderdeel van AMCL

Ir. Diederik van Leeuwen AMP FIAM, Technical Director IES Asset Management, onderdeel van AMCL

Inleiding

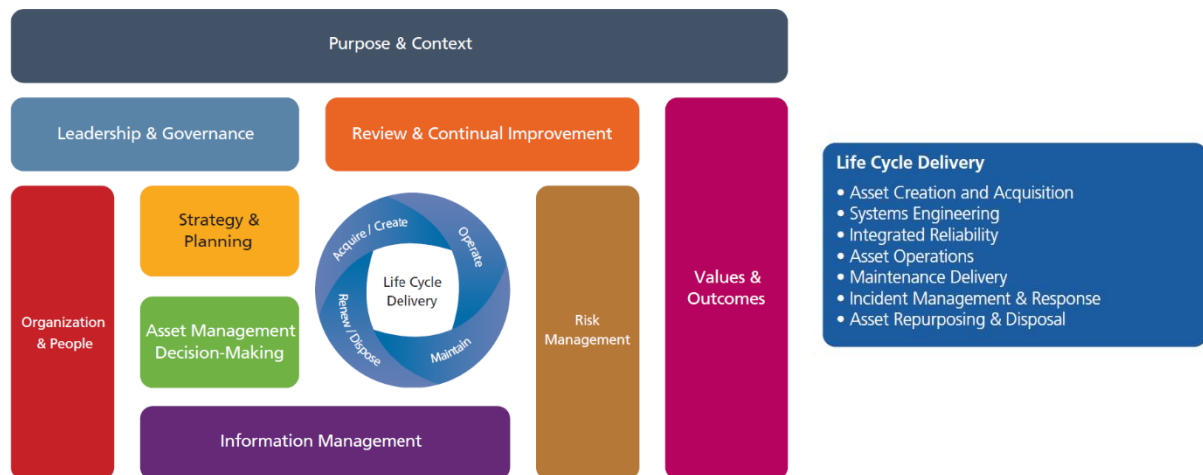
Dit artikel beschrijft Systems Engineering (SE) als een interdisciplinaire aanpak voor het identificeren en analyseren van eisen, ontwerp en evaluatie van assetsystemen, assets en componenten. Systems Engineering is een van de 40 onderwerpen van het 10-box Capabilities model van het IAM. In de praktijk blijft de toepassing van Systems Engineering vaak beperkt tot de bouw van nieuwe assets en de toevoeging daarvan aan het assetportfolio. En dat is jammer, omdat Systems Engineering alles in zich heeft om in alle fasen van de levenscyclus van assets te worden gebruikt ter ondersteuning van de besluitvorming. Met dit artikel wordt een aanzet gegeven tot een bredere toepassing van Systems Engineering binnen assetmanagement en in alle fasen van de levensduur.

De opgave en assetmanagement

Veel infrastructurele werken in Nederland zijn aangelegd tijdens de wederopbouw na de 2e wereldoorlog en later tijdens de ruilverkaveling. In een TNO-rapport [1] is de waarde van de civiele infrastructuur in Nederland geschat op meer dan 300 miljard euro. Een groot deel zal in de komende decennia moeten worden vervangen of opgewaardeerd met groot onderhoud. Volgens hetzelfde TNO-rapport wordt in Nederland jaarlijks nu al meer dan 1 miljard euro uitgegeven aan vernieuwing van civiele infrastructuur en dit zal naar verwachting toenemen tot 3 à 4 miljard euro per jaar tussen 2040 – 2050 met nog een extra 1 tot 2 miljard jaarlijks erbij tot 2080. En dit is nog exclusief de kosten voor het reguliere beheer en onderhoud aan de bestaande civiele infrastructuur (ingeschat op ca. 7 miljard euro per jaar). Daarnaast zijn er tal van nieuwe assets nodig om de uitdagingen te lijf te gaan, denk daarbij aan de woningbouw, klimaatadaptatie, het opwekken van groene energie en de digitalisering. Het is dan ook niet vreemd dat veel organisaties assetmanagement hebben omarmd. Immers, er zijn veel keuzes te maken binnen de assetmanagementdriehoek kosten-prestaties-

risico's. Assets zijn van waarde (meer dan 300 miljard euro dus!) en deze waarde dient zo optimaal mogelijk beheerd en gewaarborgd te blijven.

Het is van belang om al deze keuzes en afwegingen te maken binnen de context van de gehele levenscyclus van de assets, de zogenoemde “levenscyclus uitvoeren” in het 10-box model van het IAM. Zie figuur 1.



Figuur 1: Levenscyclus uitvoeren (IAM, 2024).

Het uitvoeren van de levenscyclus is de kern van assetmanagement. Het bevat de elementen die niet alleen de levensduur van assets bepalen, zoals engineering en de onderhoudsstrategie, de instroom van nieuwe assets, de uitvoering van onderhoud en inspecties, monitoring en verbetering, maar ook elementen gericht op de beheersing van de risico's, het uitvoeren van de werkstroom en het uifaseren van assets.

Levenscyclusmanagement (LCM) is een geïntegreerde aanpak voor het optimaliseren van de levenscyclus van de assets, te beginnen met de eisen van de stakeholders, via conceptueel ontwerp, engineering, inbedrijfstelling, exploitatie & onderhoud en einde levensduur besluitvorming tot ontmanteling, afstoting en hergebruik. Door een combinatie van methodologieën (zoals Systems Engineering, Life Cycle Costing), planning, bedrijfsprocessen, ondersteunende middelen, analyse, rapportage en tijdige uitvoering, is onderbouwde besluitvorming over fasen van de levenscyclus van assets mogelijk en kan de organisatie de laagste levensduurkosten van de asset realiseren. Door vanuit de levensduur naar assets te kijken, zijn organisaties in staat om assetmanagement echt te verankeren in de organisatie.

Systems Engineering is een denkwijze die levenscyclusmanagement goed kan ondersteunen, niet alleen tijdens de verwerving en/of bouw van de asset. Ook tijdens de andere levensfasen

(onderhouden, exploitatie en einde levensduur) biedt Systems Engineering tal van mogelijkheden en voordelen.

Systems Engineering

Systems Engineering is van oorsprong een wijze of discipline van engineering gericht op ontwerp, ontwikkeling, productie en werking van fysieke objecten of producten. Hierbij kan worden gedacht aan het ontwerp van een auto, trein of vliegtuig. Het heeft zich in de afgelopen decennia steeds verder ontwikkeld, waarbij Systems Engineering ook een bredere toepassing heeft gekregen en wordt toegepast op organisaties of diensten. Sinds de jaren '90 is er de International Council on Systems Engineering (INCOSE) waarin de systeemingenieurs zijn verenigd.

Er zijn verschillende modellen die de denkwijze van Systems Engineering illustreren en ondersteunen. Het meest bekende model is het zogenoemde V model (zie figuur 2). Veelal wordt dit model toegepast bij projecten (de bouw of vernieuwing van een asset) en zorgt het er in de basis voor dat gedurende de verschillende fasen van het project (van idee tot oplevering en overdracht) relaties inzichtelijk worden gemaakt en worden voorzien van feedback. Linksboven in het V model wordt abstract gestart met de klantvraag die naar beneden toe steeds concreter wordt vertaald naar oplossingen. De lijn naar rechtsboven illustreert de realisatie van de gekozen oplossing, waarbij horizontaal per fase de controle vragen worden gesteld. In de basis wordt per fase gecontroleerd of de gekozen oplossing voldoet aan de gestelde klanteisen. In veel gevallen zijn daarbij al wel eisen betrokken die te maken hebben met een volgende levensfase (bijvoorbeeld eisen t.a.v. onderhoud), maar de “trigger” is over het algemeen de bouw. Hierdoor kunnen belangrijke eisen vanuit andere perspectieven ontbreken.

Steeds meer organisaties zien het nut en de noodzaak in van het toepassen van Systems Engineering. Het is zeker niet meer beperkt tot industrie, maar ook in de GWW sector is de systematiek volop in ontwikkeling. Sinds 2007 is er de Leidraad voor Systems Engineering [2] binnen de GWW-Sector (opgesteld door ProRail, Rijkswaterstaat, Bouwend Nederland, NLingenieurs, de Vereniging van Waterbouwers en Uneto-VNI). De waterschappen werken samen in een gemeenschappelijk project HEEL, waarvan in 2023 het handboek [3] beschikbaar is gesteld.

Ontwikkelingen en toenemende complexiteit

Het grote voordeel van Systems Engineering, zoals de naam reeds verraaft, is dat op een systematische wijze expliciete keuzes worden gemaakt en gecontroleerd via een feedbackloop. Daarbij is het van belang e.e.a. goed te documenteren. Een voordeel dat steeds belangrijker wordt en aansluit op een toenemende behoefte, zoals:

- Projecten in de GWW-sector worden over het algemeen groter en complexer met toenemende afhankelijkheden en groeiende (en soms ook tegenstrijdige) belangen. Dit

vraagt zorgvuldigheid en transparantie. Vooral overheden moeten zich kunnen verantwoorden over de gemaakte keuzes, maar ook de druk op het bedrijfsleven neemt hierin toe. Een voorbeeld hiervan is het toegenomen urgentiebesef om klimaatverandering te remmen en de verwachting dat bedrijven en overheden hierin een verantwoordelijkheid en voorbeeldrol nemen.

- Het gaat daarnaast lang niet meer alleen om de kwaliteit van het product of asset, maar veel meer om de waarde van een product of asset. Een waarde die door de stakeholders wordt bepaald.
- Ook technologische ontwikkelingen gaan snel. Dit biedt tal van oplossingen, waarbij de keuzemogelijkheden enorm zijn toegenomen. Aan de ene kant een luxe, aan de andere kant een groeiende uitdaging om de juiste en meest waardevolle keuze te maken.

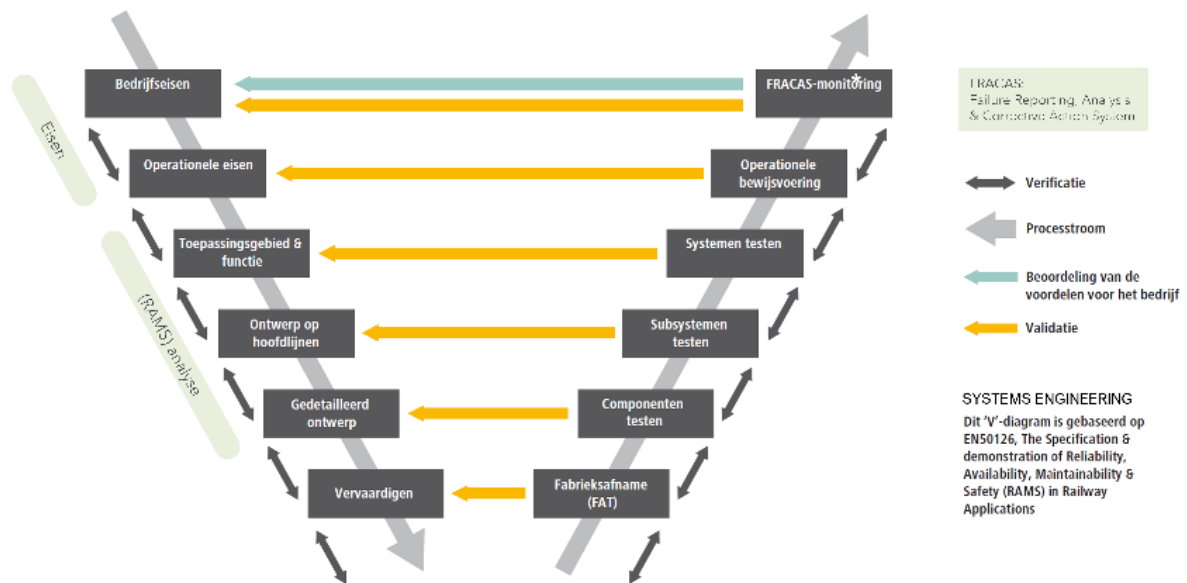
Systems Engineering is geen technologie, maar een manier van denken. Een denkwijze en aanpak waarbij zowel de technische eisen als de gebruikseisen worden meegenomen in de ontwikkeling van een product of asset. Met Systems Engineering wordt getracht de complexiteit te beheersen en de integraliteit te stimuleren en te waarborgen, zie ook Van Ark [4].

Enkele leidende principes binnen Systems Engineering zijn:

- Focus:
 - Van focus op een zichzelf staand object naar focus op een geïntegreerd systeem van meerdere objecten en raakvlakken.
 - Focus op eisen van stakeholders: wat moet het systeem doen?
- Systeendenken: toegevoegde waarde van het systeem.
- Transparantie: ontwikkelproces, mijlpalen, besluitvorming en configuratiemanagement.
- Verificatie (hebben we het goed gedaan?) en validatie (hebben we het juiste gedaan?).
- De tijd nemen voor een zorgvuldig proces.

V-model

De Systems Engineering aanpak in combinatie met toetsing aan eisen ten aanzien van Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid, Onderhoudbaarheid en Veiligheid (RAMS) wordt weergegeven door het zogenaamde 'V-model', zoals weergegeven in figuur 2. Aan de linkerkant van de 'V' staan de eisen die als basis dienen voor het ontwerp van de asset in de verschillende fasen. Aan de rechterkant worden de verschillende systeemcomponenten geïntegreerd, getest en **gevalideerd** om er zeker van te zijn dat aan de oorspronkelijke aannames is voldaan. Voordat naar de volgende fase wordt overgegaan, moet worden **geverifieerd** of aan alle in de vorige fase gestelde voorwaarden is voldaan.

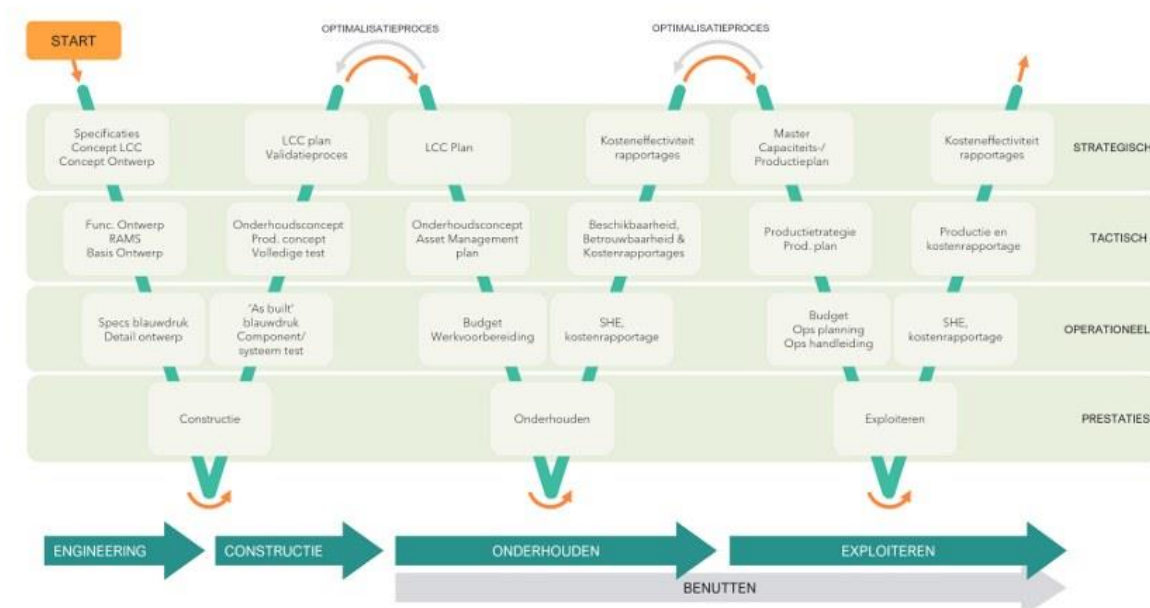


Figuur 2: V-model (IAM; 2021)

Een constatering van het V-model 'an sich' is dat het in principe gericht is op de ontwikkeling en constructie van de asset, in ieder geval dat het veelal als zodanig wordt toegepast. Natuurlijk kun je het model ook tijdens de levensduur gebruiken, immers een modificatie van de asset zou in principe op dezelfde manier moeten worden aangevlogen als de ontwikkeling en constructie van een nieuwe asset. Een voorbeeld van zo'n model, is het Systems Engineering model van HEEL [3], waarin per levensfase een V-model is gedefinieerd. Dit model is ontwikkeld voor de uitvoering van de gigantische opgave aan dijkversterkingen in Nederland en het brengt de samenhang van tal van processen in beeld. Het draagt daarmee bij aan meer uniformiteit en eenheid bij dijkversterkingsprojecten. Het gebruik van het model is vanuit de dijkversterkingen per definitie in de ontwerpfase. Echter, het V-model is ook toepasbaar in de andere levensfasen van assets.

Het meervoudige V-model: VVV-model

Assetmanagement draagt bij aan de organisatiedoelstellingen van een organisatie. Deze bijdrage komt met name tot uiting in de relatie die assetmanagement heeft met allerlei bedrijfsprocessen en procedures die binnen de organisatie tot stand komen (prestatiegebieden), zoals ontwikkeling/constructie, onderhoud en exploitatie. Deze prestatiegebieden zijn min of meer samengevat in het reguliere V-model (figuur 2), maar kunnen separaat inzichtelijk worden gemaakt in een VVV-model. Zie figuur 3. Het voordeel hiervan is dat dat iedere fase beter tot zijn recht komt en er meer diepgang ontstaat.



Figuur 3: Het VVV-model

Daarnaast is het van belang dat er elke 'V' goed is aangesloten op zowel het voorgaande als het volgende proces, zodat de van toepassing zijnde principes en voorwaarden en ook feedback kunnen worden overgedragen.

Elke 'V' heeft dezelfde structuur:

- De linkerzijde van de V bevat de gestructureerde aanpak van het stellen van eisen, de planning en het ontwerp van assets of processen (in fasen) en de verificatie of dit juist is gedaan.
- De rechterzijde van de V bevat de validatieaanpak, overdracht en optimalisatie (in fasen).

Om te komen tot een optimaal beheer van de prestatiegebieden Ontwikkeling/Constructie, Onderhoud en Exploitatie, wordt een onderscheid gemaakt in 3 verschillende niveaus.

Deze zijn:

- Strategisch niveau: Op dit niveau wordt het beleid uitgezet, wordt overzicht gehouden over de investeringen en worden de prestatie-indicatoren en kosteneffectiviteit bewaakt.
- Tactisch niveau: Beheersing en optimalisatie van ontwikkel/constructieprojecten, onderhoud en exploitatie behoren tot de belangrijkste taken op dit niveau. Bovendien wordt van het tactische niveau naar het strategische niveau gerapporteerd over de prestatie-indicatoren en de kosteneffectiviteit.

- Operationeel niveau: Het voorbereiden en uitvoeren van de engineering/constructie, het onderhoud en het daarop afstemmen van de exploitatie is de belangrijkste taak van dit niveau. Andere aspecten zijn o.a. kosten, veiligheid, kwaliteit en milieu en rapportages.

Het VVV-model is in Nederland ooit ontwikkeld door Amsterdam Airport Schiphol, maar actief gebruik van dit model is ons verder onbekend. En dat is jammer, omdat hiermee op zijn minst een poging is gedaan om de gedachte die achter het V-model zit niet alleen in de bouwfase, maar ook in operatie en onderhoud toe te passen. En zo ook levensduurmanagement meer vorm te geven.

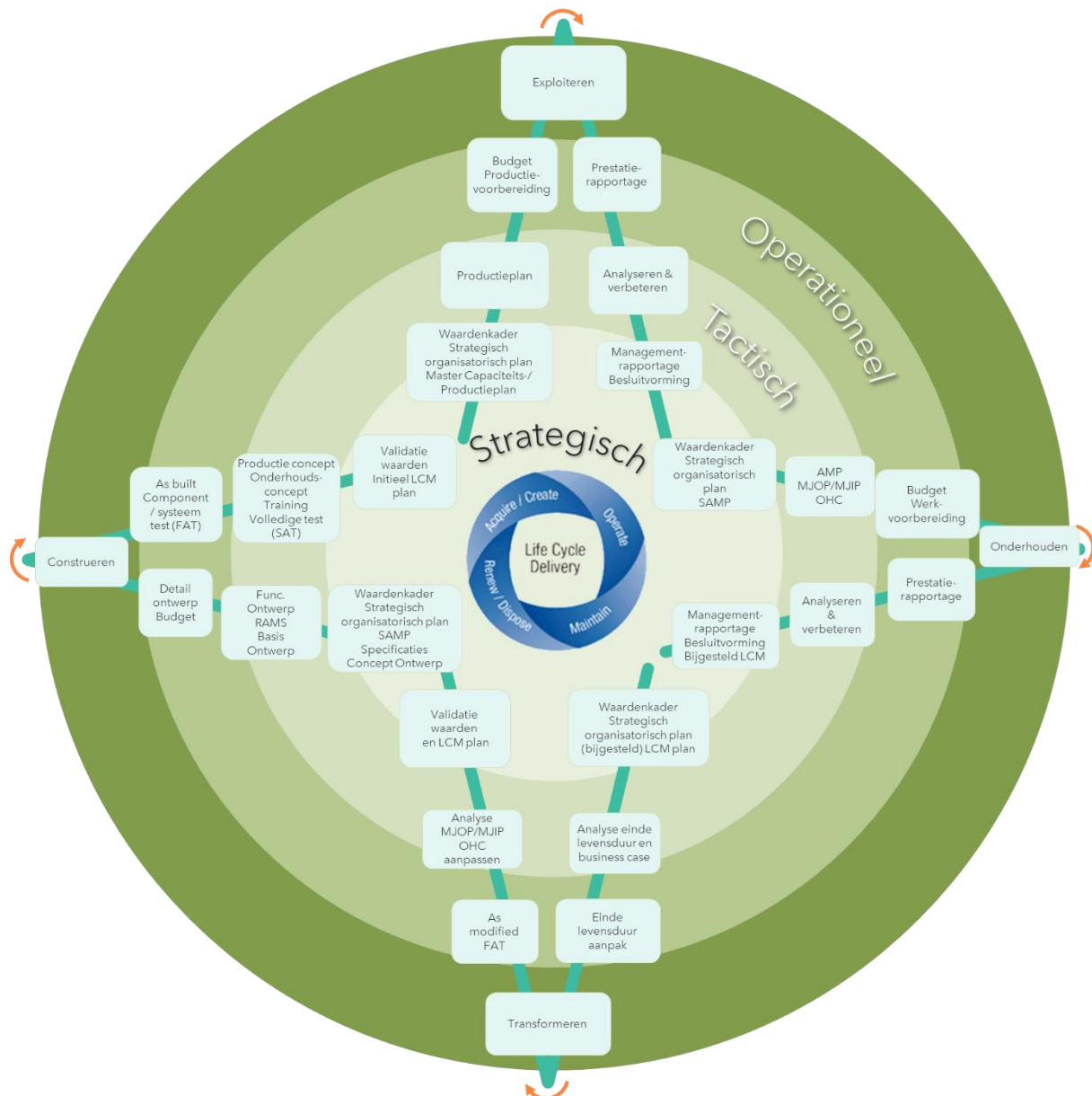
Het meervoudige V-model laat nog meer dan alleen de Systems Engineering 'V' zien, dat voor een goed beheer van de levenscyclus van een asset, interdisciplinaire samenwerking tussen projecten, onderhoud en exploitatie van onmiskenbaar belang is. Dit is ten opzichte van het reguliere V-model een verbetering. Wat echter nog ontbreekt is de einde levensduur fase van de asset. En laat dit nu juist de fase zijn waarin veel van onze infrastructurele assets zich op dit moment bevinden.

VVVV-model

Bekend is dat veel infrastructurele werken in Nederland zijn aangelegd in de jaren '50 - '80 van de vorige eeuw en dat die nu richting het einde van hun levensduur bewegen. Kortom, de fase eindelevensduur is niet alleen zeer actueel, het stelt ons voor uitdagingen waarbij tal van afwegingen zijn te maken. Deze afwegingen zijn inzichtelijk te maken in een **'V' voor de einde levensduurfase**, zie de nieuwe V 'Transformeren' in figuur 4. Hierin is een extra 'V' toegevoegd aan het bestaande VVV-model en is tevens het geheel wat herzien. Aangenomen wordt dat voor alle 'V's' elke fase start met een gedeeld waardenkader van de organisatie en een strategisch assetmanagementplan (SAMP), zodat voor de verschillende activiteiten iedere keer dezelfde uitgangspunten en doelstellingen worden toegepast.

In de fase 'Transformeren' wordt ook gestart met het gedeeld waardenkader van de organisatie en de doelstellingen t.a.v. het asset portfolio zoals ze zijn opgenomen in het SAMP. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van een levensduurmanagementplan (LCM) van het portfolio. Op basis daarvan kan regelmatig een analyse worden uitgevoerd op de (resterende) levensduur van de assets en worden onderzocht of de totale levensduurkosten of andere aspecten (bijv. beschikbaarheid van reserve onderdelen of verouderde functionaliteit) eventueel aanleiding geven om een einde levensduur beslissing te nemen. Hiervoor is dan een aanpak nodig die na besluitvorming moet worden uitgewerkt (transformeren). Er zullen diverse mogelijkheden zijn voor transformeren, bijv. continueren (niets wijzigen), levensduurverlenging, modificatie of afstoting van de asset. Bij afstoting zou hergebruik van de asset of (gedeeltelijke) recycling van materialen voorop moeten staan.

Na het uitwerken van de transformatie ontstaat er in het portfolio een nieuwe situatie en zullen ook het onderhoudsconcept en het MJIP en MJOP (en SAMP) moeten worden aangepast. Immers, stel dat besloten wordt tot levensduurverlenging, dan zullen de oorspronkelijke uitgangspunten in dit soort plannen moeten worden gewijzigd. Tenslotte wordt de nieuwe situatie gevalideerd aan het waardenkader, SAMP en het levensduurmanagementplan (LCM). Dit geeft dan weer input voor een eventuele ontwerpfase en kan worden doorgeschoven naar de constructiefase. Dan wordt gestart met specificaties en een ontwerp van deze activiteiten en dan is de cirkel weer rond bij de eerste 'V' beland.



Figuur 4: Het VVVV-model

Zoals hiervoor is beschreven, wordt het reguliere V-model vaak toegepast bij de ontwikkeling/constructie van assets, of in andere woorden de projectfase. Echter, projecten laten

zich op verschillende manieren karakteriseren, maar in veel gevallen zijn tijd en geld beperkende factoren en zijn er tal van belangen in het spel. Binnen deze context worden er in projecten besluiten genomen, met effect op de korte en lange termijn. Soms bewust, soms onbewust.

De eigen, staande organisatie is niet altijd voldoende aangehaakt bij deze projectbesluiten.

Daarbij worden in projecten vaak de expertise van ingenieursbureaus en/of aannemers (derden) ingeschakeld en wordt tijdens projecten regelmatig gewerkt in de systemen van deze derden. Een afhankelijkheid die op zich geen problemen hoeft te veroorzaken, mits goede afspraken zijn gemaakt en de staande organisatie in de breedte is aangehaakt. Echter, bij het overdragen van de assets vanuit de projectfase aan de staande organisatie blijkt dit niet altijd het geval te zijn. Dit hoeft niet per se te liggen aan onvoldoende afspraken met derden, maar kan ook terug te voeren zijn op onvoldoende interne afspraken of samenwerking.

Een maatschappelijk fenomeen waar vrijwel alle organisaties mee te dealen hebben, is de vergrijzing van medewerkers. Een grote groep medewerkers met veel kennis en expertise gaat (of is al) in de komende jaren met pensioen. Waar jonge medewerkers kunnen worden aangetrokken, blijken die in de praktijk vrij gemakkelijk te switchen van baan. Kortom, er is een vrij groot verloop van kennis en ervaring.

Tot slot, veel organisaties worstelen met de grote opgave en de uitdagingen die in dit artikel zijn beschreven en hebben als strategie assetmanagement en Systems Engineering geïntroduceerd. In de praktijk blijkt het lastig om dit goed te positioneren in de organisatie en om een gedeeld beeld te creëren rondom deze thema's.

Het VVVV-model biedt tal van mogelijkheden om een constructieve en positieve bijdrage te leveren in het oplossen of beantwoorden van deze actuele vraagstukken, zoals:

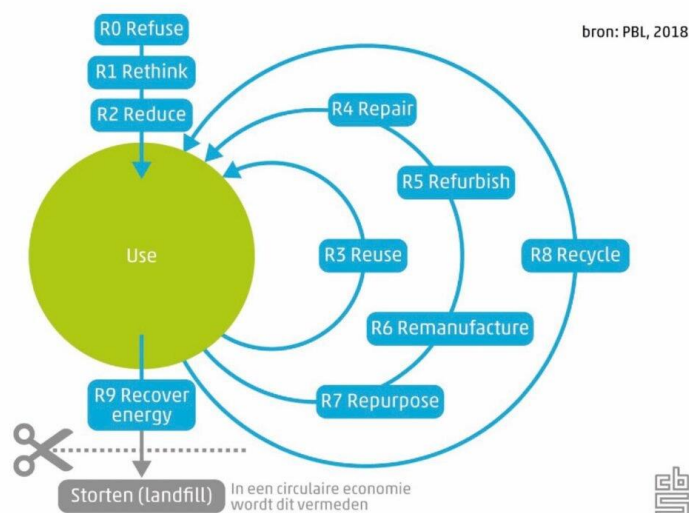
- De tijdsdruk van de projectfase deels te ontlopen en belangrijke vragen en keuzes in een andere levensfase al aan de orde te stellen. Daarmee wordt de kennis en kunde uit de organisatie (en derden) meer geraadpleegd en neemt de kans op betere besluiten toe. Met andere woorden, niet starten met nadenken wanneer het moet, maar alvast starten wanneer het kan. Dit geldt onder andere voor duurzaamheidsvraagstukken, zie hierna in dit artikel.
- De staande organisatie ook deel te laten nemen in Systems Engineering (en assetmanagement in algemene zin), waardoor dit niet beperkt blijft tot een selectief gezelschap in de projectfase. Iedereen gaat dezelfde taal spreken en verstaan. Dit creëert een grotere binding tussen de projectorganisatie en staande organisatie en versterkt de integraliteit. Zoals Van Ark [4] reeds concludeerde: “het zijn de mensen die de kracht van systeem bepalen”. Het VVVV-model stimuleert en faciliteert dat de juiste mensen ook zijn aangehaakt.
- De kennis en kunde in de eigen organisatie (en derden) te borgen in een eigen systeem, waarmee de kennis en kunde uit “de hoofden” een plek krijgen in dit systeem. Dit moet niet

worden gezien als een volwaardige vervanging, maar het zal organisaties minder kwetsbaar maken. Daarbij zullen besluiten meer aantoonbaar en navolgbaar zijn, iets dat prima past bij toenemende vraag naar transparantie en maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Het VVVV-model is een conceptueel model waarlangs duurzaamheidsvraagstukken, specifiek de circulariteit, aan de orde kunnen worden gebracht. Dit lichten we hieronder toe.

Duurzaamheid, circulariteit

Er zijn tal van landelijke afspraken gemaakt om te komen tot een circulaire economie. In algemene zin is het doel dat er in 2050 een 100% circulaire situatie is bereikt. Los van de vraag wat hiermee precies wordt bedoeld, is wel duidelijk dat de ambitie groot is. Het doel is om verspilling tegen te gaan en zoveel mogelijk toe te werken naar duurzame en hernieuwbare bouwstoffen. Met de grote vervangingsopgave zoals eerder in dit artikel is aangehaald, gaat het om gigantische stromen bouwstoffen. Van belang is een goed beeld te krijgen van deze grondstoffenstromen en de keuzes die er te maken zijn. Een model dat dit faciliteert, is het zogenoemde 10R model. Het 10R model is een model dat in verschillende branches wordt gebruikt om met name de grondstoffenstromen in beeld te brengen en zodoende de keuzes die er zijn in circulariteit van assets inzichtelijk te maken. Keuzes die terug te voeren zijn naar de assetmanagementdriehoek kosten-prestaties-risico's. Het "10R-model" is ontwikkeld door hoogleraar duurzaam ondernemerschap en voormalig Nederlands Minister van VROM Jacqueline Cramer [5]. Dit heeft zich vertaald naar figuur 5 [6]. Inmiddels is het R model overgenomen door diverse organisaties en overheden, zoals de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en de Unie van Waterschappen. Andere organisaties maken gebruik van impactindicatoren, maar veelal speelt hierin wel het gedachtegoed van het 10R model een belangrijke rol.

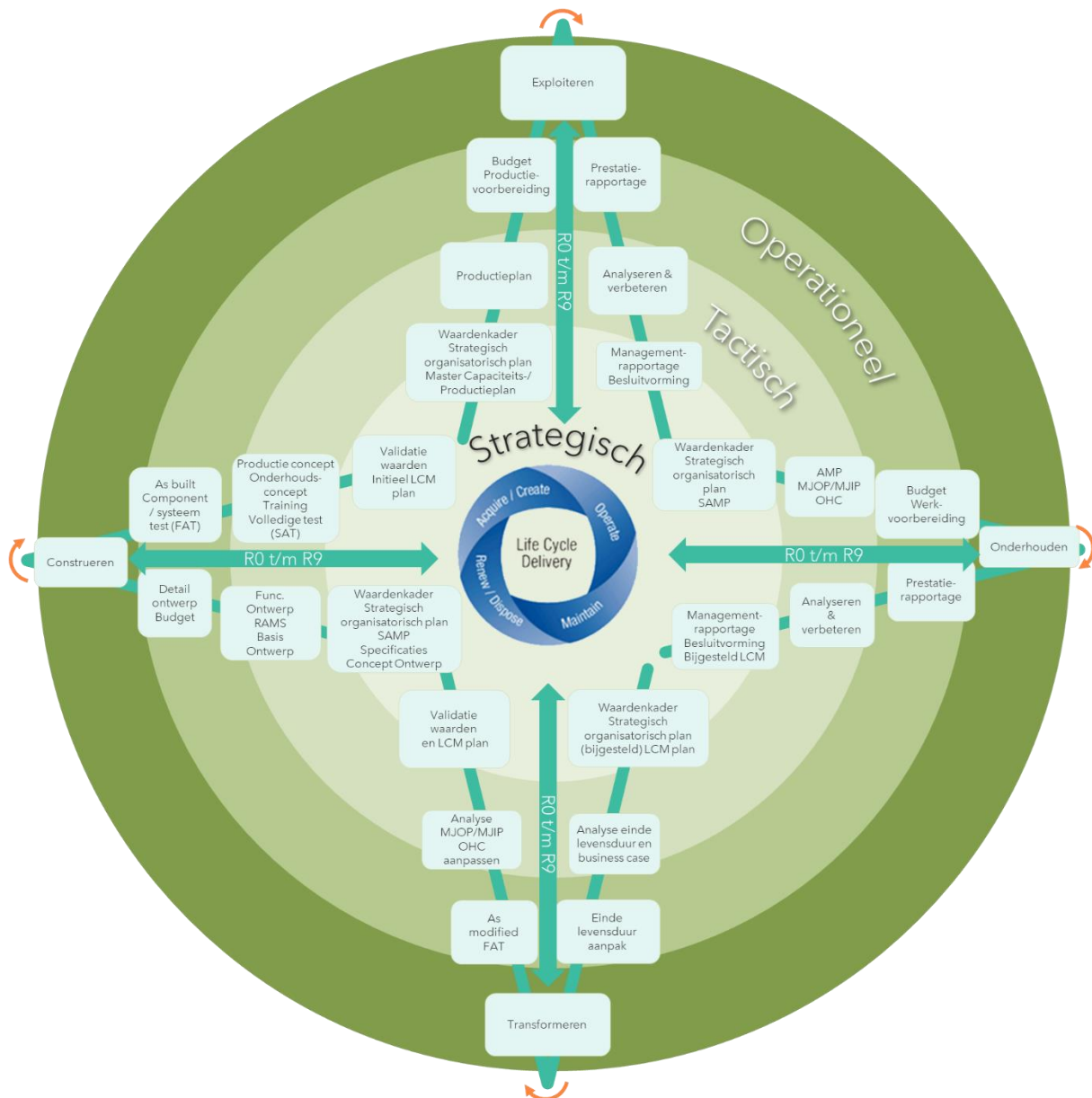


Figuur 5: 10R model van PBL [6]

Net als het V-model van Systems Engineering, komt het veelvuldig voor dat het 10R model, of meer in algemene zin de vraag hoe om te gaan met circulariteit, aan de orde komt bij de start van een project. Dat is jammer, want, zoals eerder is gesteld, een project karakteriseert zich per definitie als een situatie met diverse belangen en veelal een grote tijdsdruk. Met andere woorden, er wordt niet altijd voldoende tijd genomen of gevonden om de juiste discussies te voeren en afwegingen te maken. Ter illustratie, de eerste R uit het R model heeft betrekking op Refuse. Deze vraag zal bij de start van een project niet snel aan de orde komen, want het gaat dan om de levensvatbaarheid van een project. Deze vraag hoort dus ver voor het project beantwoord te worden, bijvoorbeeld in een onderzoeksfase of vanuit een beleidsmatig kader gebaseerd op de ervaringen uit de organisatie. Daarbij blijft de vraag altijd actueel, ook tijdens een project, omdat omstandigheden zich kunnen wijzigen.

Ook Rethink kan beter geen onderdeel zijn van de projectscope om vergelijkbare redenen. Reduce kan wel onderdeel zijn van het project (als projectscope), maar ook hier zullen al eerder beelden zijn ontstaan tijdens de beheer en exploitatiefase. Tijdens de hele levenscyclus is het verstandig de aspecten Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose en Recycle voorbij te laten komen. Dit geldt zeker voor infrastructurele werken die een lange levenscyclus kennen.

Alle R vragen kunnen prima worden geplot in het ontwikkelde VVVV-model, zie indicatief figuur 6. Daarmee worden de duurzaamheidsvraagstukken zichtbaar en tastbaar in de hele levenscyclus en wordt vooral ook de benodigde tijd die voor dit soort vraagstukken nodig is, optimaal benut en niet teruggebracht in een projectplanning. Daarnaast wordt het bewustzijn van duurzaamheid een integraal onderdeel van de organisatie.



Figuur 6: Het 10R model geplot in het VVVV-model

Afsluitend

In dit artikel is de potentie van het VVVV-model, en Systems Engineering in brede zin, onderstreept. Een waardevolle tool die niet beperkt moet blijven tot de aanlegfase van assets, maar van meerwaarde is voor alle levensfasen en voor verschillende aggregatieniveaus. Uiteraard moet het model als richtinggevend worden beschouwd waarbij er altijd aanpassingen en nuanceringen kunnen worden aangebracht naar gelang de behoefte en omstandigheden. Het model draagt in de basis bij aan een grotere integraliteit en een gemeenschappelijke werkwijze en taal. Het ondersteunt het besluitvormingsproces in de levenscyclus van de assets, waarbij het helpt de juiste vraag op het juiste moment te adresseren.

Literatuur/achtergrond informatie

- [1] Bleijenberg, Landelijk Prognoserapport civiele infrastructuur, TNO; 2021
 - [2] Guideline for Systems Engineering within the civil engineering section, It's all about cohesion, version 3; 2013
 - [3] Handboek HEEL, Herleidbaar, Eenduidig en Expliciet samenwerken over de hele Levenscyclus, www.heel-nl.nu; 2023
 - [4] Van Ark, Systems Engineering: klant centraal en blik integraal, Sigma nr 2; april 2016
 - [5] How Network Governance Powers the Circular Economy Ten Guiding Principles for Building a Circular Economy, Based on Dutch Experiences, Jacqueline Cramer; 2020; ISBN 978-90-90-33928-3
 - [6] PBL Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague; 2018
- PBL publication number: 3217